

Werther, Gustav

Die unorganische Chemie ein Grundriss für seine Vorlesungen an der
Artillerie- und Ingenieur-Schule in Berlin

Bd.: 2

Berlin 1852

Chem. 327-2

urn:nbn:de:bvb:12-bsb10074136-6



Werther

Chem. 327

327



Die
unorganische Chemie,

ein Grundriss

für seine Vorlesungen an der Artillerie- und
Ingenieur-Schule in Berlin

von

Dr. G. Werther.

Zweite Abtheilung:

Zur Artillerie- und Ingenieur-Technik gehörige Gegenstände.

Berlin.

Druck und Verlag von G. Reimer.

1852.

Die
anorganische Chemie

ein Grundriss

für seine Vorlesungen an der Artillerie- und
Ingenieur-Schule in Berlin



Bayerische
Staatsbibliothek
München

Zweite Auflage
Der Artillerie- und Ingenieur-Schule gehörige Gegenstände

Berlin.
Druck und Verlag von G. Reimer.
1858.

V o r r e d e.

Das Erscheinen dieser zweiten Abtheilung ist durch mancherlei Hindernisse, die zu beseitigen nicht in meiner Macht lag, so lange verzögert worden. Dies möge mich beim Publikum entschuldigen.

Der ursprüngliche Plan, die wichtigsten Gegenstände der Artillerie- und Ingenieur-Technik etwas ausführlicher abzuhandeln, ist ein wenig geändert, indem die Fabrikation der Gewehrkugeln ausgelassen ist. Ich glaubte aber diesen Gegenstand der Artillerie-Technik um so leichter übergehen zu können, da derselbe in der inzwischen erschienenen „Kriegsfeuerwerkerei der Preussischen Artillerie von Busch und Hoffmann“ gründlich behandelt ist und überdies vom chemischen Gesichtspunkt aus keiner ausführlichen Erörterung bedarf.

Berlin im Mai 1852.

Der Verfasser.

V o r r e d e

Das Erscheinen dieser zweiten Abtheilung ist, durch
mancherlei Hindernisse, die zu befeitigen nicht in meiner
Macht lag, so lange verzögert worden. Dies mag nicht
beim Publikum entschuldigen.

Der ursprüngliche Plan, die wichtigsten Gegen-
stände der Artillerie- und Ingenieur-Technik etwas
ausführlicher abzuhandeln, ist ein wenig geändert, in-
dem die Konstruktion der Geschütze in ausgedehnter ist.
Ich glaube aber diesen Zustand der Artillerie-
Technik um so leichter übergehen zu können, da derselbe
in der inzwischen erschienenen „Kriegs-Literatur“
der Preussischen Artillerie von Busch und Rottmann
gründlich behandelt ist und überdies vom chemischen
Gesichtspunkt aus keiner ausführlichen Behandlung bedarf.

Berlin im Mai 1852.

Der Verfasser

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
DAS SCHIESSPULVER.	
Bestandtheile des Schießpulvers. — Anforderungen an gutes Schießpulver	1
Unanwendbarkeit anderer Salze an Stelle des Salpeters. — Unersetzbarkeit der Kohle	2
Nothwendigkeit des Schwefels. — Quantitative Zusammensetzung des Schießpulvers	3—5
Wirkung der Schießpulvergase vom theoretischen Standpunkte aus	6
Die Bestandtheile des Pulvers.	
Der Salpeter. Läuterung des ostindischen Rohsalpeters	7
Salpetermehl. Verarbeitung der Mutterlaugen	8
Salpetergewinnung. — Salpetergräberei. — Gaysalpeter. Kehrsalpeter. — Salpeterplantagen. Construction der Salpeterhaufen an verschiedenen Orten	9—12
Verarbeiten der siedewürdigen Erde. — Brechen der Rohlauge	12. 13
Versieden der gebrochenen Rohlauge. Rohsalpeter. Raffination des Rohsalpeters. Ausbeute	14—17
Reinheit des geläuterten Salpeters	18
Analyse des Rohsalpeters	19—25
Die Kohle. Bedeutung derselben im Pulver	25
Structur des Holzes. Bestandtheile desselben während der Vegetation	26—29
Zusammensetzung der Holzfaser und verschiedener Hölzer	30
Eigenschaften der reinen Cellulose, — des Holzes	31. 32
Zersetzung des Holzes durch erhöhte Temperatur	33

VI

	Seite
Trockene Destillation des Holzes. — Holzeßig. Theer.	
Kohle	34
Ursache verschiedener Ausbeute an Kohle	35
Eigenschaften der Kohle. Die braunschwarze, — die schwarze, — die rothbraune Kohle. — Specifisches Gewicht	36. 37
Folgerungen für die Bereitung der Schießpulverkohle .	38—40
Methode der Verkohlung in Preussen, . . . , . . .	41. 42
in anderen Ländern. — Zusammensetzung der Kohlenarten	43. 44
Analytische Methode zur Untersuchung der Kohle . .	44—51
Der Schwefel. In welcher Form wird Schwefel angewendet?	51
Chemische Untersuchung des Schwefels	52—54

Die mechanische Bereitung des Pulvers.

Dosirung des Pulvers	54—56
Das Kleinen. Apparate dazu	58—62
Das Mengen. Verfahren in Preussen und anderswo . .	62—64
Das Anfeuchten. — Das Verdichten	64
Wichtigkeit des Verdichtens. — Das Körnen und Sortiren	65
Apparate dazu	66. 67
Darstellung runder Pulverkörner nach Champy	68
Wichtigkeit des Körnens. — Form der Körner. — Sortiren.	
— Zusammensetzung des Staubs beim Körnen und Sortiren	69. 70
Das Poliren. Zweck desselben	71
Zusammensetzung der Kruste in den Polirtrommeln . . .	72
Das Trocknen. Vorrichtungen dazu. — Wichtigkeit desselben	73—75
Das Ausstäuben. — Abgang dabei	76
Eigenschaften des Pulvers	77
Zersetzungsprodukte desselben beim Anzünden	78
Chemische Untersuchung des Pulvers	80—82
Specifisches Gewicht des Pulvers. — Cubisches Gewicht	83—86
Der Rückstand des Pulvers nach der Verbrennung . . .	87
Pulverschleim — als Pyrophor	88
Chemische Analyse des Pulverrückstandes	89—92

DIE GESCHÜTZFABRIKATION.

Anforderungen an gutes Geschütz	93
Materialien der bisherigen Geschütze	94
Die Geschütze aus Eisen. — Unbrauchbarkeit der Geschütze aus Stabeisen	95

	Seite
Gufsverfahren in früheren Zeiten. — Beste Art des Roheisens zum Geschützguß ist das halbirte	96
Bedingungen zur Darstellung des grauen, weissen und halbirten Roheisens	97. 98
Geschützerze. — Umschmelzen grauen Roheisens in Flammenöfen	99
Geschützgießereien in Schweden, — in Finspång	100
Betrieb der Gießerei daselbst	101—104
Geschützguß aus dem Flammenofen	105—107
Wahl des Roheisens dazu. — Construction und Betrieb des Ofens	107—109
Der heiße Guß	110
Eigenschaften des guten Geschützeisens	111
Die Geschütze aus Bronze. — Bestandtheile der Geschützbronze	112
Verhältnisse zwischen Kupfer und Zinn	113
Unmöglichkeit der Darstellung einer bestimmten Legirung	114
Zwei Legirungen in der Geschützmasse, die weisse und gelbe. — Anordnung derselben im gegossenen Geschütz	115—118
Art des Erkaltsens. — Einfluss der Form. — Lehmformerei	119. 120
Das Modelliren in Lehm	121—127
Die Kastenformerei. — Masse	127
Modelliren in Masse	128—130
Vortheile der Kastenformerei	131
Der Guß. — Der Gußofen in Berlin	132—133
Verfahren daselbst	134. 135
Verfahren in anderen Gießereien	136
Die Probestangen. — Der kalte und heiße Guß	137
Chemische Analyse des Geschützmetalls, — des eisernen	138—142
Analyse des Bronzegeschützmetalls	145—149
Analyse der Metalle, die zum Geschützguß bestimmt sind: des Kupfers, — des Zinns	150—153
 EINIGES ÜBER FEUERWERKEREI.	
Die Feuerwerkssätze	154
Chemische Grundsätze für Anfertigung der Feuerwerkssätze	155
Die üblichsten Feuerwerkssätze: Schießpulver, Salpeterschwefel	156—157
Grauer Satz. — Chlorsaures Kali. — Percussionpulver. — Chlorkalischwefel. — Schwefelantimon. Frictionszündsatz	158. 159

	Seite
Stoffe in Leuchtsätzen. — Farbige Feuer	160. 161
Organische Stoffe in Brandsätzen	162
Prüfung der Reinheit der Materialien	163—167
Chemische Untersuchung fertiger Feuersätze	167—172

DAS KNALLQUECKSILBER UND DIE VERFERTIGUNG DER ZÜNDHÜTCHEN.

Fabrikmässige Darstellung des Knallquecksilbers	173—175
Eigenschaften des Knallquecksilbers	176
Vorsichtsmafsregeln bei Aufbewahrung desselben	177
Darstellung des Zündsatzes. — Körnen des Zündpulvers	178
Anfertigen der Zündhütchen	179
Füllen der Zündhütchen	180. 181
Chemische Untersuchung auf Knallquecksilber	182. 183

DIE EXPLOSIVEN PRÄPARATE AUS CELLULOSE UND VERWANDTEN VERBINDUNGEN.

Die Schiefsbaumwolle (Pyroxylin).

Structur der Baumwolle	184
Darstellung der explosiven Cellulose	185. 186
Eigenschaften der Schiefsbaumwolle	187—189
Unanwendbarkeit des Pyroxylin statt des Schiefspulvers	190
Zündhütchen aus Pyroxylin. — Kollodium	191
Nitromannit. Darstellung und Eigenschaften desselben	192
Anwendung desselb. zu Zündhütchen. — Knallzucker	193

DIE CHEMISCHE ANALYSE DER ZUR ANFERTIGUNG HYDRAULISCHER MÖRTEL DIENENDEN MATERIALIEN.

Untersuchung der Kalke	196
Untersuchung der Thone	199
Untersuchung anderer Silicate	202
Untersuchung von Trafs, Puzzuolane u. dergl. — fertiger hydraulischer Mörtel	203

REGISTER zu beiden Abtheilungen	205—219
---	---------

Anmerk. Wenn in dieser zweiten Abtheilung bei Citaten das Wort *oben* hinzugefügt ist ohne Zusatz von I oder Abth. 1., so bezieht sich die Hinweisung auf den § oder die pag. der 2ten Abtheilung.



Das Schiesspulver.

§. 1. **B**ekanntlich versteht man unter Schiesspulver ein Gemenge von Salpeter, Kohle und Schwefel, das dazu dienen soll, bei seiner Zersetzung eine Menge Gase plötzlich zu entwickeln, welche, durch die bei der Zersetzung entstandene hohe Temperatur stark ausgedehnt, eine treibende Kraft ausüben.

Bestandtheile
des Schiess-
pulvers.

§. 2. Den Zweck, ein unter gewissen Umständen Gase entwickelndes Gemenge zusammenzusetzen, wird man auf verschiedene Weise erreichen können, sowohl mit den drei Bestandtheilen Salpeter, Schwefel und Kohle, als auch mit andern chemischen Verbindungen. Indessen die Anforderungen, welche man an ein solches Gemenge, um es in derselben Weise wie unser jetzt übliches Schiesspulver gebrauchen zu können, praktischer- wie theoretischerseits stellt, schliessen schon von vorn herein die Anwendung anderer Materialien als des Salpeters, Schwefels und der Kohle aus; und auch die Anwendung dieser drei Bestandtheile in verschiedenen Gewichtsmengen ist in sehr enge Grenzen eingeschlossen.

§. 3. Die Anforderungen an ein möglichst vollkommenes Schiesspulver sind folgende:

Anforde-
rungen an
gutes Schiess-
pulver.

1) das Gemenge muß so gewählt sein, daß es bei der Zersetzung entweder ganz oder zum größten Theil gasförmig wird, oder daß wenigstens alle Bestandtheile desselben, bei denen es überhaupt möglich und zweckdienlich ist, Gaszustand annehmen;

2) die Ausdehnung der entwickelten Gase muß die möglich größte sein, d. h. die Temperatur bei der Zersetzung die möglich höchste;

3) die Entwicklung der Gase darf indessen nicht mit solcher Schnelligkeit statt finden, daß dadurch eine mechanische Zerstörung der Feuerwaffen herbeigeführt wird; es ist also Gleichmäßigkeit der Wirkung erforderlich.

4) der Rückstand, welcher nach dem Abbrennen des Pulvers bleibt, soll gar nicht oder nur wenig die Feuerwaffen chemisch angreifen;

5) das Pulver muß sich lange aufbewahren lassen, ohne freiwillige Zersetzung zu erleiden;

6) es muß weite Transporte ertragen können, ohne dabei erhebliche Mengen von Staub zu liefern.

Unanwend-
barkeit
anderer Salze
an Stelle des
Salpeters.

§. 4. Unter den verschiedenen Salzen, die mit Kohle, Schwefel oder ähnlichen brennbaren Körpern gemengt, beim Erhitzen verpuffen, sind es nur zwei, die eine technische Anwendung im Großen gestatten, nämlich die chlorsauren und salpetersauren Salze. Von diesen sind die ersteren wegen der starken Explosionen, die ihr Gemenge mit brennbaren Körpern verursacht, und wegen der Gefahr bei Bereitung desselben von der Anwendung zu Schießpulver ausgeschlossen. Unter den salpetersauren Salzen würden mehr eine reichere Ausbeute als Gas geben, als das Kalisalz, und das Ammoniaksalz würde sogar lauter Gase liefern; indessen die Salze des Natrons und Ammoniaks, der Magnesia und Kalkerde würden ein feuchtwerdendes oder zerfließliches Pulver liefern, und alle übrigen stehen bei gleicher Anwendbarkeit wegen ihres hohen Preises dem Salpeter nach.

Unersetzbar-
keit der
Kohle.

§. 5. Eben so kann die Kohle nicht wohl durch einen andern brennbaren Körper ersetzt werden; denn keiner der letztern giebt Oxydationsproducte, welche, wie die der Kohle, bei gewöhnlicher Temperatur luftförmig bleiben, ausgenommen der Schwefel, wenn er zu S oxydirt wird; aber bei der Zersetzung eines Gemenges von Salpeter und Schwefel würde

sich keine oder nur wenig schweflige Säure bilden, sondern Schwefelsäure und Schwefelmetall.

§. 6. Ein Gemenge von Salpeter und Kohle brennt nach dem Anzünden von selbst fort, gasförmige Oxydationsstufen des Kohlenstoffs entweichen und kohlensaures Kali bleibt im Rückstand. Die Temperatur, welche sich bei der Verbrennung entwickelt, ist nicht hoch genug, um den Sauerstoff des Kali's mit der Kohle zu verbinden und welchen Ueberschufs von Kohle man auch nehmen mag, es bleibt nach der Verbrennung immer kohlensaures Kali im Rückstand. Wenn man aber zu jenem Gemenge von Salpeter und Kohle einen andern Körper hinzufügt, welcher bei hoher Temperatur starke Verwandtschaft zum Kalium besitzt, dann wird durch denselben aller Sauerstoff des Salpeters an die Kohle übertragen. Ein solcher Körper ist z. B. der Schwefel. Statt desselben würde man keine andere der bekannten Substanzen anwenden können, als das seltene Selen. Es ist daher der Schwefel unentbehrlich als chemisch wichtiger Gemengtheil und sehr vortheilhaft für den mechanischen Zusammenhalt des Pulvers.

Nothwendig-
keit des
Schwefels.

§. 7. In Bezug auf die quantitative Mischung der drei Bestandtheile des Schießpulvers wird von theoretischer Seite kein Zweifel darüber sein, dafs man auf je 1 Aeq. Salpeter 1 Aeq. Schwefel nehmen müsse zur Bildung von 1 Aeq. Schwefelkalium (KS). Jeder Ueberschufs von Schwefel ist schädlich *), denn er bindet Wärme (wenn er flüchtig wird) oder greift das Metall der Feuerwaffe an (indem er Schwefelmetall bildet) oder oxydirt sich zu Schwefelsäure. Wohl aber könnte man über die Menge der Kohle zweifelhaft sein, wenn es blos auf die Anzahl der Gasvolumina, welche bei der Zersetzung des Schießpulvers frei werden, und nicht auch auf die dabei stattfindende Wärmeentwicklung und auf das specif. Gewicht, also auf das der Zersetzung unterliegende

Die
quantitative
Zusammen-
setzung des
Schiesspul-
vers.

*) Nur einige Sorten Schießpulver, wie das Minen- und Bergwerkspulver, enthalten gröfsere Mengen Schwefel.

Volumen, ankäme. Wenn man ein Schießpulver zusammensetzt aus 1 Aeq. Salpeter, 1 Aeq. Schwefel und 6 Aeq. Kohle, so erhält man aus 100 Gewichtsth. eines solchen Pulvers nach der Zersetzung 54,8 Gewichtsth. Kohlenoxydgas 9,2 Th. Stickstoff, also zusammen 64 Th. Gase. Wenn man dagegen ein Schießpulver zusammensetzt aus 1 Aeq. Salpeter, 1 Aeq. Schwefel und 3 Aeq. Kohle, so ist das Produkt an Gas aus 100 Th. desselben 48,8 Th. Kohlensäure und 10,4 Stickstoff, also nur 59,2 Th. Gas *). Dennoch hat sich die Praxis schon seit den ältesten Zeiten für die Zusammensetzung des Pul-

*) Wenn (unter der Voraussetzung, daß die bis jetzt ermittelten Zahlen für die specif. Wärme der Gase und für die Wärmeentwicklung bei Verbrennung der Kohle richtig sind) die Temperatur berechnet werden soll, die sich bei Zersetzung des Schießpulvers bildet in den beiden Fällen, wo sich Kohlenoxyd und wo sich Kohlensäure bildet, so stellt sich folgendes heraus:

es ist d. spec. Wärme der Kohlensäure (auf Wasser berechn.)	= 0,221
- - - des Kohlenoxyds	= 0,288
- - - des Stickstoffs	= 0,275
Wärmeentwickel. v. 1 Th. Kohle (in Sauerstoff zu $\ddot{C}$ verbrannt)	= 7912°
- - 1 Th. Kohlenoxyd	= 2634°

Da in 1 Th. $\dot{C}$ 0,43 Th. C enthalten sind, so entwickelt 1 Th. C (als $\dot{C}$ zu $\ddot{C}$ verbrannt) $\frac{2634}{0,43} = 6125^\circ$. Wenn also 1 Th. C zu $\dot{C}$ verbrennt, so ist die Temperaturentwicklung = $7912 - 6125 = 1787^\circ$. In einem Pulversatz, der aus 1 Aeq. $\ddot{K}\ddot{N}$, 1 Aeq. S und 6 Aeq. C angefertigt ist, sind nach der Zersetzung mit 54,8 Th. $\dot{C}$ 9,2 Th. Stickstoff gemengt, die Wärme bekommen also die Gase beide und da 1 Th. C sich mit $1\frac{1}{3}$ Th. Sauerstoff zu $2\frac{1}{3}$ Th. Kohlenoxyd verbindet, so sind mit $2\frac{1}{3}$ Th. $\dot{C}$ 0,392 Th. Stickstoff gemengt. Die Wärmeentwicklung beträgt demnach

$$\frac{1787}{2\frac{1}{3} \cdot 0,288 + 0,392 \cdot 0,275} = 2291^\circ.$$

Wenn man die Temperatur bei der Zersetzung eines Schießpulvers, welches als Gase Kohlensäure und Stickstoff liefert, berechnet, so sind mit 48,85 Th. $\ddot{C}$ 10,36 N gemengt, und da sich 1 Th. C mit $2\frac{2}{3}$ Th. O zu $3\frac{2}{3}$ $\ddot{C}$ verbindet, so sind mit $3\frac{2}{3}$ $\ddot{C}$ 0,778 N gemengt. Die Temperatur beträgt also hierbei

$$\frac{7912}{3\frac{2}{3} \cdot 0,221 + 0,778 \cdot 0,275} = 7719^\circ.$$

vers nach dem letztern Verhältniß entschieden und ein solches besteht daher aus

1 Aeq. Kalium	= 488,9	in 100 Theilen
1 - Schwefel	= 200,0	Salpeter = 74,84
1 - Stickstoff	= 175	Schwefel = 11,84
6 - Sauerstoff	= 600	Kohle = 13,32
3 - Kohlenstoff	= 225	
	<u>1688,9</u>	

74,84 Th. Salpeter bestehen aus 28,95 Th. Kalium, 35,53 Th. Sauerstoff und 10,36 Th. Stickstoff. Nach der Zersetzung

Aus dieser Berechnung schon würde einleuchten, warum man nicht 6, sondern 3 Atome Kohle nehmen müsse, wenn nicht überhaupt die ganze Rechnung wegen der unsichern Voraussetzungen Mißtrauen verdiente. Denn es ist nicht wahrscheinlich, daß die Wärmeentwicklung bei der Verbrennung von 1 Th. Kohlenoxyd zu Kohlensäure so hoch und also die bei der Verbrennung von 1 Th. Kohle zu Kohlenoxyd so gering sein sollte, da in der Regel die Elemente in den niedrigeren Oxydationsstufen eines Radicals mit stärkerer Verwandtschaft gebunden sind, als in den höhern Oxydationsstufen desselben Radicals. Ferner ist es fraglich, ob die bei der Verbrennung der Kohle auf Kosten des im Salpeter gebundenen Sauerstoffs entwickelte Wärme eben so groß ist, als wenn Kohle in freiem Sauerstoff verbrennt (auf diese Weise sind nämlich die der Rechnung zu Grunde gelegten oben angeführten Zahlen 7912 und 2634 erhalten), und endlich ist die specif. Wärme des Schwefelkaliums und des Geschützmetalles (wenn die Zersetzung des Pulvers in einem Geschütz vorgenommen wird) ganz unberücksichtigt gelassen. Weit wichtiger mag auf den geringen Gas-Effect eines mit 6 Atomen Kohle dargestellten Pulvers der Umstand einwirken, daß bei einem solchen Gemenge ein vergleichsweise viel größeres Volumen in Brand zu setzen ist und daß das specifische und cubische Gewicht eines solchen Pulvers geringer ist. Von welchem Einfluß das letztere ist, möge ein Beispiel zeigen: es verhalte sich die Wärmeentwicklung eines Pulvers mit 6 At. C zu der eines Pulvers mit 3 At. C = 3:5, so ist doch immer die Ausdehnung der Gase aus einem Pulver mit 3 At. C von einem cub. Gew. = 0,9 größer, als die Gasmenge aus einem Pulver mit 6 At. C von einem cub. Gew. = 0,8. Und so groß ist wenigstens die Differenz im cub. Gew. beider Pulversorten bei sonst gleicher Anfertigung und gleicher Größe und Form der Körner (s. unten §. 82.).

bleiben 28,95 Kalium + 11,84 Schwefel im Rückstand und als Gase entweichen

48,85 Kohlensäure und 10,36 Stickstoff.

Wirkung
der Gase
des Schiess-
pulvers.

§. 8. Um sich ein Bild von der Wirkung dieser Gewichtsmengen Gase zu machen, muß man dieselben auf Volumina reduciren.

48,85 Gramm. C sind = 24664,2 C. C. bei 0° und 760^{mm}.

10,37 - N - = 8171,6 C. C. - - -

Nimmt man das spec. Gew. des Pulvers = 1, so liefern also 100 Vol. Pulver 32835,8 Vol. Gas. Das cubische Gewicht des Pulvers ist gewöhnlich geringer als 1, nehmen wir es beispielsweise = 0,9 an, dann ist das Volumen von 100 Gewichtsth. Pulver = $\frac{100}{0,9} = 111,1$. Man erhält also aus 1 Vol.

Pulver $\frac{32835,8}{111,1} = 296$ Vol. Gas bei 0° und 760^{mm}. Wie hoch

die Temperatur bei der Zersetzung des Pulvers sei, ist schwer zu ermitteln, sie geht aber keinesfalls über den Schmelzpunkt des Platins (ungef. 2000°) hinaus und ist höher als der Schmelzpunkt des Kupfers (ungef. 1100°). Nehmen wir sie = 1200° an, so werden die 296 Vol. Gas dadurch ausgedehnt um das $1 + 0,003665 \cdot t$ fache (wobei 0,003665 der Ausdehnungscoefficient der Gase und t die Temperatur ist) d. h. um das

$$1 + 0,003665 \cdot 1200 = 5,398 \text{ fache,}$$

die 296 Vol. Gas werden demnach zu 1597,8 Vol. bei 1200° und 760^{mm}.

Unsicherheit
in der
Berechnung.

§. 9. Natürlich kann diese Rechnung nur ein annäherndes Bild geben, denn es findet weder die Zersetzung einer bestimmten Gewichtsmenge jemals vollständig statt (wie die aus dem Geschütz herausgeschleuderten Pulverkörner bezeugen), noch findet sie genau nach der Voraussetzung statt (wie die Untersuchungen von Gay-Lussac und Chevreul zeigen, von denen Ersterer neben Kohlensäure und Stickstoff auch Kohlenoxyd und Letzterer neben Kohlensäure und Stickstoff noch salpetrige Säure, Kohlenoxyd, Kohlenwasser-

stoff und Schwefelwasserstoff fanden). Es ist ferner ungewiß, ob der Ausdehnungscoefficient der Gase bei so hohen Temperaturen sich nicht ändert, wie sich die Expansion der Gase verhält, die in einem geschlossenen gleichsam mit einem Ventil versehenen Raume entwickeln und unter dem Druck des Geschosses stehen, und welchen Einfluß die (freilich geringe) Elasticität der Wände des Geschützes ausübt.

Aber selbst wenn auch Alles dieses ermittelt wäre und wenn die Zersetzung des Pulvers nach der theoretischen Zusammensetzung erfolgte, so läßt sich doch die Fabrikation des Pulvers im Großen nicht so bewerkstelligen, daß man ein den theoretischen Voraussetzungen vollkommen entsprechendes Präparat erhielte, weil, wenn auch der Salpeter und Schwefel leicht chemisch rein dargestellt werden können, beim Kohlenstoff dieses unausführbar ist.

Wie weit nun die Praxis die Ansprüche der Theorie befriedigt, wird aus der genaueren Betrachtung der drei Bestandtheile des Schießpulvers und ihrer mechanischen Verarbeitung erhellen.

I. Die Bestandtheile des Pulvers.

1. Salpeter.

§. 10. Der in Preußen zur Schießpulverfabrication angewendete Salpeter ist ostindischer Rohsalpeter (s. Abth. I. §. 275.) und enthält ungefähr $1\frac{1}{2}$ —2 p. C. Feuchtigkeit und 3—4 p. C. Verunreinigungen, welche theils aus der Art und den Materialien der Verpackung herrühren, theils aus fremden Salzen, und zwar schwefelsauren Salzen und Chlormetallen (des Calciums, Magnesiums und Natriums) bestehen. Dieser etwas bräunlich gefärbte, aus Krystallbruchstücken bestehende Salpeter wird auf folgende Weise geläutert:

Läuterung
des
Salpeters.

§. 11. Der ostindische Rohsalpeter enthält weit weniger fremde Beimengungen, als der künstlich dargestellte Rohsalpeter (§. 20.) und seine Raffination ist daher einfacher.

Die
präcipitirte
Krystallisation.

Salpetermehl.

Die Salpeterläuterei hat 2 Kessel, in deren einem fort-dauernd der Rohsalpeter gelöst wird, während man in dem andern die Mutterlaugen aufarbeitet. Ungefähr 42 Centner Rohsalpeter werden in die angemessene Menge siedenden Wassers in den Kessel eingetragen und mit Leim geklärt. Die abgeschäumte Lösung dampft man (im Sommer) bis 52° B. oder (im Winter) bis 48° B. ein, läßt sie bedeckt über Nacht stehen und zapft sie am andern Tage in das Krystallisationsgefäß. Hier wird die Lösung während des Erkaltens bis zur Lufttemperatur so lange umgerührt, als sich noch Salpetermehl absetzt. Dieses wird, gleich so wie es sich ausscheidet, in die Waschkufen (s. Fig. 3. 4. §. 21.) *) gekrückt und hier aus Gießkannen mit möglichst reinem Wasser (Fluss- oder Regenwasser, oder destillirtem Wasser, wenn etwa aus einem bei der Fabrik angewendeten Dampfapparat solches als Nebenprodukt erhalten wird) übergossen. Das Wasser wird eine Zeitlang mit dem Salpetermehl in Berührung gelassen, indem der Zapfen der Waschkufe (Fig. 5. p. 16.) geschlossen ist, dann abgelassen und diese Operation 2—3 Male wiederholt. Der gewaschene Salpeter wird in erwärmten Räumen getrocknet und die Waschwässer, wenn sich eine hinreichende Menge von ihnen angesammelt hat, werden gemeinschaftlich mit den Mutterlaugen, aus denen sich das Salpetermehl ausschied, auf folgende Weise weiter verarbeitet:

Verarbeitung
der
Mutterlaugen.

Man erhitzt diese Laugen in dem Kessel und hängt in dieselbe Säckchen, welche etwa mit Abgängen vom Ausstäuben des Pulvers oder mit verdorbenem Pulver, aus denen man den Salpeter gewinnen will, gefüllt sind. Nachdem die Flüssigkeit bis auf 36°—40° B. eingedampft ist, wobei sich auf dem Boden des Kessels eine feste Kruste absetzt (s. §. 12.), wird dieselbe der langsamen Krystallisation überlassen. Die dabei ausgeschiedenen gröfseren Krystalle werden mit kaltem Wasser ein Paar Stunden lang in Berührung

*) Diese Apparate sind denen bei der unten (§. 21 fl.) erwähnten Läuterungsmethode angewendeten sehr ähnlich.

gelassen und hierauf wie der Rohsalpeter geläutert, nur mit dem Unterschied, daß das daraus erhaltene Salpetermehl etwas mehr gewaschen wird, als das aus dem Rohsalpeter erhaltene.

Die nach und nach aus der Läuterung von 5000 bis 6000 Centner Rohsalpeter angesammelten Mutterlaugen und Waschwässer lassen sich noch mit Vorthail verarbeiten. Der Verlust bei der Läuterung beträgt zwischen 5 und 7 p. C.

§. 12. Bei dem Versieden dieser Nebenprodukte bildet sich nach und nach in dem Kessel ein mehr oder weniger brauner Absatz, der auf dem Boden fest brennt und aus etwas organischer Materie (vom Leim meistens herrührend) und Salpeter, sehr wenig kohlensauren und schwefelsauren Salzen, größtentheils aber aus Chlorverbindungen besteht, unter denen nicht selten Chlorkalium das Chlornatrium überwiegt. Kesselstein.

§. 13. In mehreren Staaten Europas, z. B. in Schweden, Frankreich, Oesterreich, Baiern u. a., verarbeitet man nicht ostindischen Salpeter zu Schießpulver, sondern bedient sich des in dem eignen Lande zufällig entstandenen oder geflissentlich dargestellten. Dort existirt daher auch entweder das Recht der Salpetergräberei, vermöge dessen gewisse Unternehmer, die vom Staate jenes Monopol erhielten, überall auf den Besitzungen der Einwohner des Landes da, wo sie salpeterhaltige Erde vermuthen, nachgraben dürfen, oder es sind von Seiten des Staates Contracte mit Privatleuten zur Lieferung des Bedarfs abgeschlossen, oder es sind die Grundeigenthümer verpflichtet, jährlich zu bestimmten Preisen gewisse Quantitäten Salpeter zu liefern. In allen diesen Fällen ist in den salpeterhaltigen Substanzen die Salpetersäure vorzugsweise an andere Basen *) gebunden als an Kali, und es bedürfen daher diese Salpeter-Materien einer umständlicheren Behandlung. Salpeter-
ausbeutung
in verschie-
denen
Ländern.

Salpeter-
gräberei.

*) Nach Gay-Lussac bestanden die löslichen Bestandtheile der salpeterhaltigen Stoffe aus 25 p. C. Salpeter, 33 p. C. salpetersaure

Gaysalpeter. §. 14. Die Salpetergräber entlehnen ihr Material mei-
 stentheils aus der Nähe bewohnter Orte und zwar da, wo
 Kehrsalpeter, leicht stickstoffhaltige oder ammoniakalische Substanzen der
 Zersetzung unterliegen; insonderheit beuten sie die Erde von
 Kellern, Viehställen, in der Nähe feuchter Mauern und Mist-
 gruben aus. Der aus solchen Materialien erhaltene Salpeter
 wird gewöhnlich *Kehr*-Salpeter, in Oesterreich *Gay*-Salpeter
 in Ungarn. genannt. Der Salpeter in Ungarn findet sich hier und da
 in unbewohnten Ebenen zwischen der Theifs und Marosch,
 in der Regel ganz nahe bei Dörfern auf sanften Abhängen,
 über welche die aus den Gehöften abziehende Jauche weg-
 fließt. Der lockere schwarze, thonig-kalkige Sandboden dieser
 Kehrplätze wird meist im Mai und Juni mit Pflügen aufge-
 worfen, die Erde mit Wasser ausgelaugt und die Lösung
 sofort zum Krystallisiren abgedampft oder mit der aus den
 Plantagen erhaltenen Lauge weiter verarbeitet. Es scheint die
 Salpetererde an diesen Orten vorzugsweise aus Kalisalpeter zu
 bestehen, zu dessen Bildung man durch zeitweises Aufstreuen
 von Holz- oder besser von Strohasche beiträgt. Der übrige
 Kehrsalpeter, außer dem ungarischen, bedarf dieselbe Bear-
 beitung wie die in den Salpeterplantagen gebildete Salpeter-
 erde, deren Ausbeutung im Folgenden auseinandergesetzt wird.

Die
 Salpeter-
 plantagen.

§. 15. Die künstliche Salpetererzeugung in den soge-
 nannten Salpeterplantagen beruht darauf, daß man thie-
 rische Substanzen längere Zeit der Luft unter angemessenen
 Umständen aussetzt. Man wählt als Materialien Erde mit
 starken Basen, namentlich kohlensaure Kalkerde, wie Mergel,
 Holzasche, Schutt alter Gebäude u. dgl., und als Stickstoff-
 lieferer düngerhaltige Materialien oder Dünger selbst, Abfälle
 von Thieren, aus Papier-, Leim- und Tuchfabriken, Erde
 aus Schlachthäusern, Viehställen, Straßsenkoth, Schlamm aus
 Teichen, Torfmooren u. dgl. Am geeignetsten sind die thie-
 rischen Substanzen, wenn sie schon in der Fäulniß begriffen

Kalkerde, 5 p. C. salpetersäure Magnesia, das übrige sind andre
 Salze. Meistens findet sich auch salpetersaures Ammoniak darunter.

sind. Daher schichtet man auch nicht selten die frischen thierischen Abfälle mit Pflanzen, die salpetersaure Salze enthalten (wie Boretsch, Nesseln, Kartoffelkraut, Runkelrübenblätter, Sonnenblumen, Bilsenkraut u. a.), in eine Grube zusammen und begießt diese Haufen dann und wann mit Mistjauche, Urin oder Blutwasser.

Die Muttererde.

Die Umstände, unter denen diese Materialien am schnellsten eine reichliche Menge salpetersaurer Salze liefern, sind: ein angemessener Feuchtigkeitsgehalt derselben, allseitiger Luftzutritt zu ihnen, eine Wärme zwischen $+15$ und 25° , Abhaltung des directen Sonnenlichts, aber nicht Ausschluss des Tageslichts im Allgemeinen.

§. 16. Man schichtet daher die präparirte Erde (§. 15.) oder die rohen Materialien in pyramidenförmigen Haufen von 4—6 F. Grundfläche und 6—8 F. Höhe (Salpeterhaufen, Wände genannt), oder in parallelen Mauern von 2—4 F. Dicke und 3—7 F. Höhe auf, durchflucht sie mit Reisig oder Stroh, um möglichst allseitigen Luftzutritt zu gestatten, und begießt sie mit Mistjauche, Urin oder ähnlichen Flüssigkeiten, jedoch so, daß die Haufen nur durchfeuchtet, nicht völlig mit Wasser imprägnirt sind. Die Salpeterhaufen sind auf einer aus Thon geschlagenen, etwas nach einer Seite geneigten Ebene aufgerichtet, und mit einem hölzernen Dach überbaut. Dadurch werden das directe Sonnenlicht und heftig strömende Regen abgehalten. Die Wassermenge, welche durch den Haufen hindurch auf den Boden gelangt, fließt in einen Sumpf ab und wird wieder zum Begießen der Haufen angewendet. Man stellt die Haufen gern mit ihren schmalen Seiten nach Südwest und Nordost, um die in unserm Klima aus diesen beiden Himmelsgegenden oft auftretenden Schlagregen an der breiten Seite zu vermeiden.

Construction der Salpeterhaufen.

In Preussen, wo jetzt wenig oder gar keine künstliche Salpetererzeugung mehr statt findet, wurde ehemals dieselbe in 3—4 F. dicken und 6—7 F. hohen Mauern bewerkstelligt, welche man nach den eben angeführten Principien behandelte.

in Preussen.

in
Schweden,

In Schweden, wo jeder Grundeigenthümer zur Lieferung von Salpeter verpflichtet ist, sind die salpeterbildenden Materialien in hölzernen Kästen oder Schuppen von 2—3 F. Höhe eingetragen, werden darin von Zeit zu Zeit umgeschaufelt und mit Rindsharn begossen.

in der
Schweiz,

In der Schweiz sind unter den Viehställen 3—4 F. tiefe Gruben angebracht, welche mit einer zweckmäfsig präparirten trocknen Erde angefüllt werden.

in
Frankreich,

In Frankreich wurde früher die Erde 1 Jahr lang in Schäfereien liegen gelassen und dann in 3 F. hohen Haufen auf die oben erwähnte Weise behandelt. Es scheinen aber jetzt die künstlichen Salpeterplantagen dort wenig in Anwendung zu kommen, weil man mit deren Ertrag nicht zufrieden ist und die Kehrsalpeter-Ausbeute den Bedarf deckt.

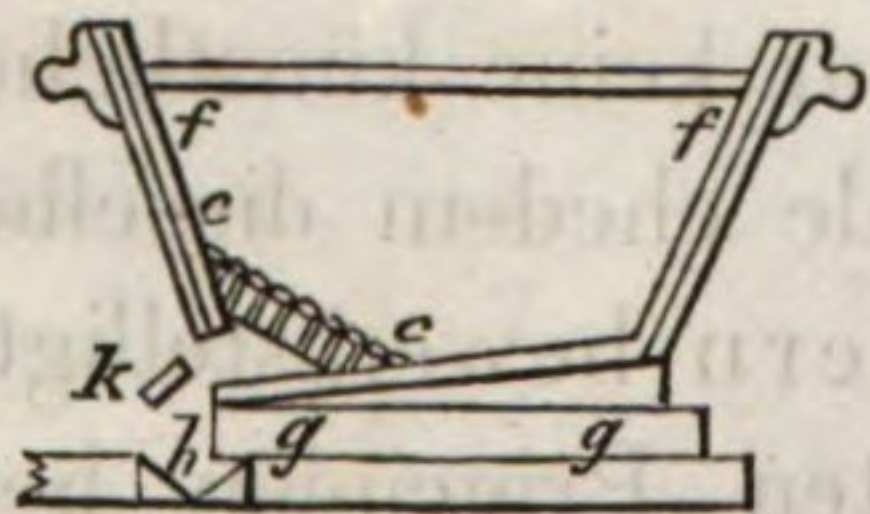
Die
siedewürdige
Erde.

§. 17. An den Salpeterhaufen zeigen sich nach einiger Zeit Auswitterungen weifser Salze und die Salpeterbildung schreitet von aussen nach innen fort, jedoch so, dafs bei einer 3—4 F. dicken Schicht, kaum nach 3—4 Jahren auch im Innern Salpeter sich erzeugt hat. Man entnimmt daher immer nur von den äufsern Wänden des Haufens die Erde und kratzt sie bis auf 2—3 Zoll Tiefe ab. Die Siedewürdigkeit einer Erde sucht der Salpetersieder durch den Geschmack, besser durch eine Auslauge-Probe zu beurtheilen. Sie ist siedewürdig, wenn sie auf jeden Cubikfuß 8 Loth Salpeter enthält. Man kratzt sie alsdann vom Haufen durch Hacken oder stumpfe Besen ab (meistens im Frühjahr, Sommer und Herbst) und bewahrt sie bis zur Zeit des Versiedens in luftigen Schuppen auf, hier bisweilen angefeuchtet und öfters umgeschaufelt.

Verarbeiten
der
siedewürdigen
Erde.

§. 18. Die siedewürdige Erde wird zuvörderst mit Wasser ausgelaugt, um die in Wasser löslichen Bestandtheile von den unlöslichen zu trennen. Dies geschieht in nebeneinander stehenden Kästen aus Eichenholz von ungefähr 12 F. Länge und 3 F. Höhe, deren Gestalt beistehender Durchschnitt (Fig. 1.) veranschau-

Fig. 1.



licht. *cc* ist ein mit Löchern versehenes Brett, über welches Stroh gebreitet wird, damit die Löcher sich nicht verstopfen, *k* ist der Zapfen für die Abflussöffnung, deren jeder Kasten 4 besitzt, *h* die Rinne, welche aus den Kästen die Lauge in einen gemeinsamen Behälter führt. Die schwachen Laugen aus dem einen Kasten werden auf die frische Erde des andern gegossen, so lange bis sie am Aräometer 10° — 12° B. zeigen. Wo man statt der Kasten Tonnen anwendet, da werden diese in drei Reihen abgetheilt: in denen der ersten Reihe wird frische Erde ausgelaugt, in denen der zweiten Reihe die schon einmal ausgelaugte und in der dritten Reihe die schon zweimal gelaugte. Die hinreichend ausgelaugte Erde wird wieder zu den Salpeterhaufen geschüttet.

§. 19. Die Laugen, welche stets viel mehr salpetersaure Salze des Ammoniaks, der Kalkerde und Magnesia, als Salpeter, außerdem Chlorverbindungen des Kaliums, Natriums, Calciums, Magnesiums, kohlensaures Ammoniak, zweifach-kohlensaure Salze (meistens der Kalkerde) und lösliche organische Materien (Extractivstoffe) enthalten, werden zunächst mit einer Auflösung von Pottasche (in 2 Th. Wasser) versetzt, damit die salpetersauren Salze der Kalkerde und Magnesia in salpetersaures Kali und kohlensaure Kalkerde und Magnesia sich zerlegen ($\text{Ca}\ddot{\text{N}}, \text{Mg}\ddot{\text{N}} \text{ u. } 2\text{K}\ddot{\text{C}} = 2\text{K}\ddot{\text{N}} \text{ u. } \text{Ca}\ddot{\text{C}}, \text{Mg}\ddot{\text{C}}$). Gleichzeitig werden aber auch die Chlorüre des Calciums Magnesiums durch die Pottasche in Chlorkalium, kohlensaure Kalkerde und kohlensaure Magnesia zerlegt ($\text{MgCl}, \text{CaCl} \text{ u. } 2\text{K}\ddot{\text{C}} = 2\text{KCl} \text{ u. } \text{Mg}\ddot{\text{C}}, \text{Ca}\ddot{\text{C}}$). Um einen Anhaltspunkt für das Maass der zuzusetzenden Pottaschenlösung zu haben, wird mit einer bestimmten kleinern Menge der Rohlauge eine vorläufige Probe gemacht, wie viel man von der Pottaschenlösung zusetzen muß, bis kein Niederschlag in der Rohlauge mehr entsteht.

Das Brechen der Rohlauge

durch Pottaschenlösung,

Man hat zum Brechen der Rohlauge auch bisweilen des schwefelsauren Kalis oder Chlorkaliums, jedoch, trotz der größern Wohlfeilheit dieser Salze, mit wenig Vortheil sich bedient. Bei Anwendung des ersten dieser Salze muß man

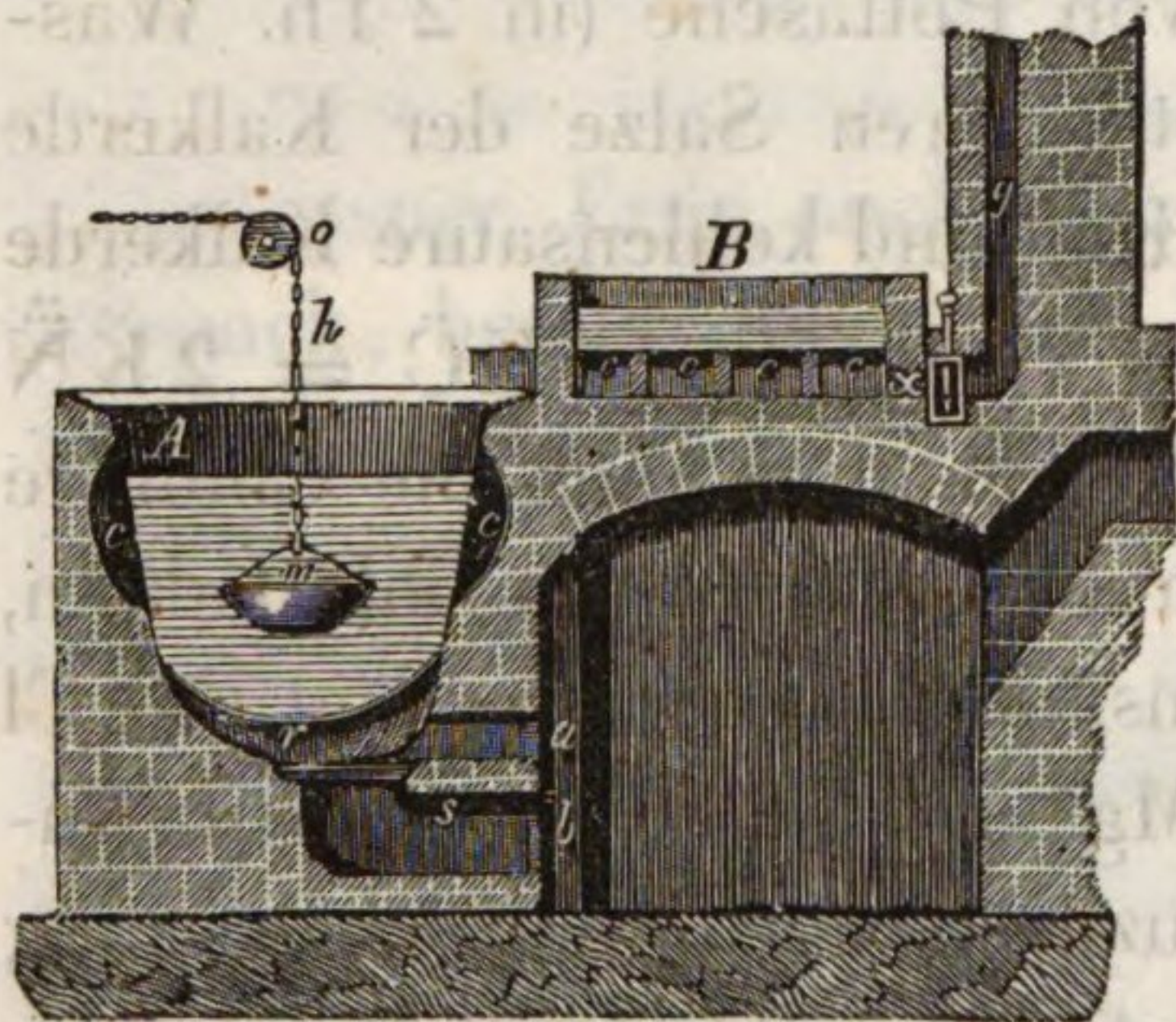
durch schwefelsaures Kali oder Chlorkalium.

die Magnesiasalze der Rohlauge zuvörderst durch Kalkmilch zersetzen und die Lauge durch Abdampfen concentriren, dann scheidet sich bei Zusatz der Lösung von schwefelsaurem Kali schwefelsaure Kalkerde aus ($\text{Ca}\ddot{\text{N}}$ u. $\text{K}\ddot{\text{S}} = \text{K}\ddot{\text{N}}$ u. $\text{Ca}\ddot{\text{S}}$). Die Anwendung des Chlorkaliums ist aber noch mislicher als die des schwefelsauren Kalis, weil die salpetersaure Kalkerde zuerst mit Glaubersalz zersetzt und das dabei entstandene salpetersaure Natron durch das Chlorkalium in Kalisalpeter und Kochsalz umgewandelt werden soll, welche Umwandlung erfahrungsmässig eine viel geringere Ausbeute giebt, als man der Rechnung nach erwartet.

Versieden
der
gebrochenen
Rohlauge.

§. 20. Die gebrochene Rohlauge wird von dem Niederschlage der kohlensauren Erden, wenn sich derselbe völlig zu Boden gesetzt, abgelassen und alsdann versotten. Sie ist durch die organischen Stoffe braun gefärbt und enthält wesentlich Salpeter, Chlorkalium und Chlornatrium, ausserdem wenig saure kohlensaure Salze der Talk- und Kalkerde, etwas Ammoniaksalze und überschüssige Pottasche. Das

Fig. 2.



Versieden derselben geschieht in grossen Kesseln (Fig. 2.), deren Anlage so gemacht ist, dass die Verbrennungsprodukte des Heizmaterials aus die um den Kessel gehenden Züge cc unter die Vorwärmepfanne B und von da in den Schornstein g gehen. Während des Eindampfens lässt man von Zeit zu Zeit von der vorgewärmten

Lauge etwas nachfliessen und kocht so lange, bis die Flüssigkeit gehörig concentrirt ist. Es scheiden sich hierbei zunächst die durch das Erhitzen der Lösung neutral werdenden kohlensauren Salze der Kalkerde und Magnesia, etwa vorhandene schwefelsaure Kalkerde und ein grosser Theil der organischen Stoffe aus. Diese festen Bestandtheile werden, damit sie nicht Störungen beim Sieden verursachen, in dem

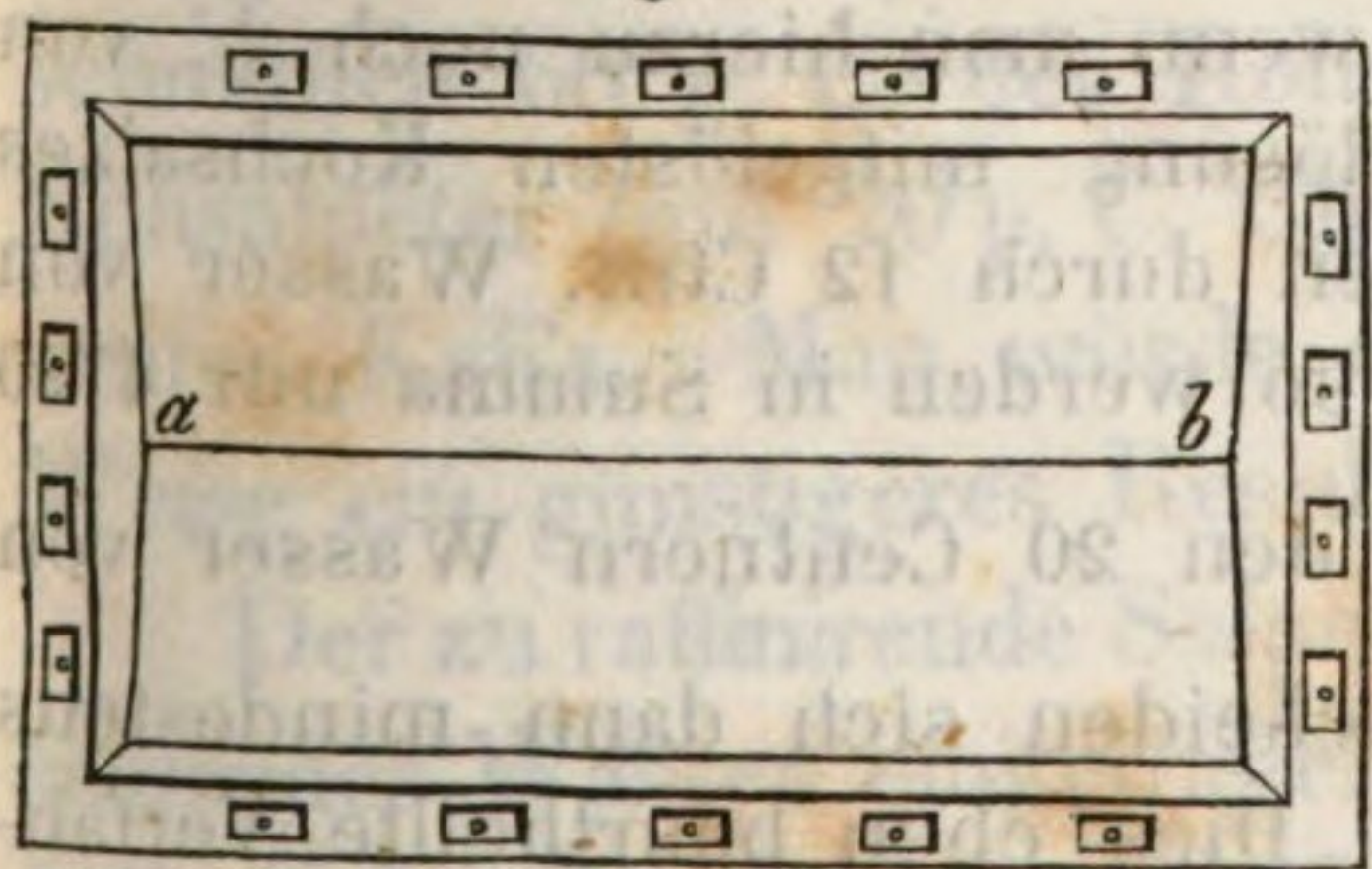
kleinen Kessel *m* aufgefangen und von Zeit zu Zeit herausgezogen. Die Chlormetalle der Alkalien, deren Löslichkeit in heißem Wasser (s. 1. Abth. §§. 290. 321.) viel geringer ist als die des Salpeters (s. das. p. 149.), krystallisiren bei weiterer Concentration der Flüssigkeit zum Theil heraus, senken sich zu Boden und werden herausgekrückt. Die in dem Kessel durch mehrstündige Ruhe abgeklärte Lauge wird alsdann in die Krystallisationsgefäße gezapft und setzt (durch organische Stoffe) gelblich gefärbte Krystalle von Salpeter ab (Rohsalpeter), die mit Chlorkalium und Chlornatrium verunreinigt sind und davon gewöhnlich 20—25 p.C. enthalten.

§. 21. Von diesen Chlormetallen wird der Rohsalpeter auf folgende Weise befreit: In einen Kessel werden 12 Centner Wasser gegossen und darin 24 Centner Rohsalpeter bei gelinder Wärme gelöst, dann erhitzt man die Lösung zum Kochen und trägt noch 36 Centner Rohsalpeter ein. Vorausgesetzt, daß der Rohsalpeter 20 p.C. Chloralkalien enthält, so wird der darin enthaltene Salpeter von der angewandten Menge Wasser völlig in der Siedhitze gelöst, von den vorhandenen Chloralkalien bleibt aber eine Quantität ungelöst und wird aus dem Kessel herausgekrückt. Nachdem die erste Abschäumung der kochenden Flüssigkeit geschehen ist, sucht man die noch nicht abgeschiedenen organischen Stoffe durch Leim niederzuschlagen, setzt jedoch, damit keine Krystallisation des Salpeters eintrete, so viel

Rohsalpeter.

Raffination
des
Rohsalpeters.

Fig. 3.

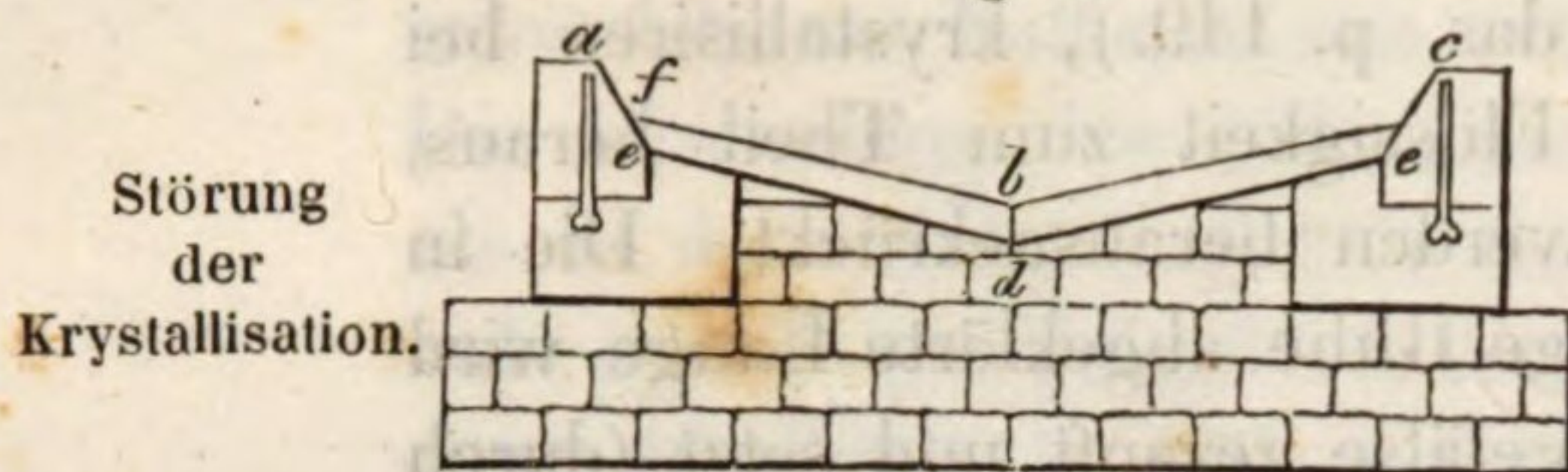


Wasser zu der concentrirten Flüssigkeit, daß ihr ganzer Gehalt 20 Centner beträgt. Sie wird alsdann gekocht, abgeschäumt, während 12 Stunden auf der Temperatur von 88° erhalten *) und dann vorsichtig in die kupfernen Krystallisa-

*) Diese französische Läuterungsmethode kann kein günstiges Resultat geben, oder die Zahlen darin sind nicht richtig. Denn 100 Th.

tionsgefäße (s. Fig. 3. Ansicht von oben) geschöpft, deren Boden nach der Mitte zu abschüssig ist (s. Fig. 4. den ver-

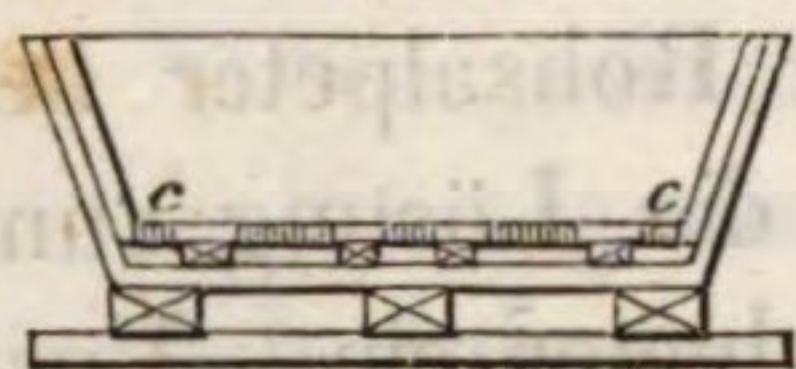
Fig. 4.



ticalen Durchschnitt) und an einem Ende höher steht als am andern. Die in diesen Gefäßen befindliche Lauge wird immerwährend, bis sie zur Temperatur der umge-

benden Luft erkaltet ist, umgerührt und setzt dabei Salpeter Salpetermehl. in kleinen weißen Krystallen — Salpetermehl — ab, welche aus den tiefern nach den höhern Theilen des Gefäßes gekrückt werden. So wie die Mutterlauge aus dem

Fig. 5.



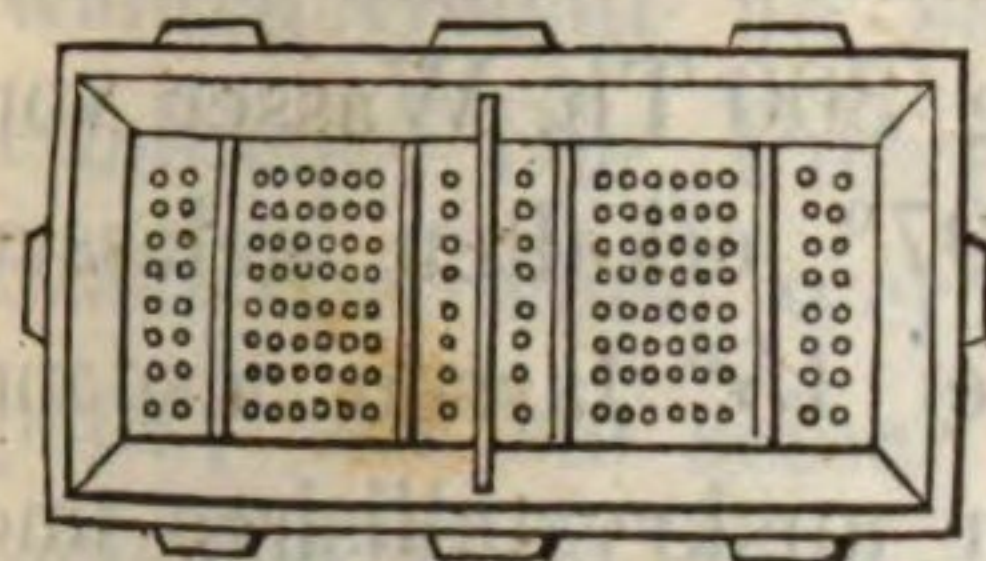
Salpetermehl nach dem tiefern Theile des Gefäßes abfließt, wird das Salpetermehl aus dem Krystallisationsgefäß in die Waschkufen gekrückt (s. Fig. 5. den verticalen Längsschnitt). Diese Gefäße haben einen doppelten Boden,

Wasser von 90° lösen nach Cotty 205 Th. Salpeter; es werden also die 20 Centner Wasser von 88° (nehmen wir 90° an) 4100 Pfund Salpeter lösen. Sind nun in den 60 Centnern zu raffinirendem Salpeter 20 p. C. Chloralkalien und zwar davon ungefähr 14 p. C. Kochsalz und 6 p. C. Chlorkalium enthalten, also in den 60 Centnern 4800 Pfd. Salpeter, 840 Pfd. Kochsalz und 360 Pfd. Chlorkalium, so scheiden sich 700 Pfd. Salpeter bei 88° wieder aus, oder wenn man mit Gay-Lussac annimmt, daß 100 Th. Wasser von 97°,7 236 Th. Salpeter lösen, so würden die 20 Centner Wasser 4720 Pfd. Salpeter gelöst enthalten und bei 88° also 80 Pfd. sich wieder ausscheiden. Selbst wenn man hierzu noch $\frac{1}{7}$ von der Menge des in der Salpeterlösung mitgelösten Kochsalzes (von den 840 Pfd. Kochsalz werden durch 12 Ctnr. Wasser von 100° 324 Pfd. gelöst) hinzuaddirt, so werden in Summa nur 4720 + $\frac{324}{7} = 4766\frac{2}{7}$ Pfd. Salpeter in den 20 Centnern Wasser von 88° gelöst sein können und es scheiden sich dann mindestens 34 $\frac{5}{7}$ Pfd. Salz bei 88° wieder aus. Dies eben beurtheilte Verfahren kann also nur anwendbar sein, wenn der Rohsalpeter 25 p. C. und mehr Verunreinigungen an Chloralkalien enthält, oder wenn die bisherigen Angaben über die Löslichkeitsverhältnisse des Salpeters falsch sind.

Fig. 6.



Fig. 7.



deren oberer *ee* durchlöchert ist (s. Fig. 6. verticaler Querschnitt und Fig. 7. Ansicht von oben). Das Salpetermehl wird hier mit (60 Pfund) einer gesättigten Auflösung reinen Salpeters übergossen und bei geschlossenem Zapfen 2—3 Stunden damit in Berührung gelassen; dann zapft man ab, läßt abtropfen und wiederholt diese Operation zweimal (erst mit 60, dann mit 24 Pfd. Sal-

peterlösung), indem man nach jedem Aufguß der Salpeterlösung mit eben so viel Wasser nachwäscht. Die ersten Waschwässer, welche die Chlormetalle enthalten, werden zur Auflösung des Rohsalpeters (beim Raffiniren desselben) gesetzt, die letzten Waschwässer, die fast reine Salpeterlösung sind, werden bei den ersten Waschungen anderen Salpetermehls angewendet.

Der gewaschene Salpeter wird in einer besondern Pfanne, welche durch die von der Heizung des Kessels abziehenden heißen Gase geheizt wird, langsam getrocknet, nachdem er vorher mehre Tage lang in der Waschkufe liegen geblieben war. In Preussen wird er aus der Waschkufe in den sogenannten Aufschüttkasten gebracht und dann auf Trocknentafern, die mit leinenen Decken überzogen sind, ausgebreitet.

§. 22. Die Ausbeute dieser Läuterungsmethode ist durchschnittlich 60 p. C. des Rohsalpeters oder 75 p. C. des im Rohsalpeter (mit 20 p. C. Chlormetallen) enthaltenen salpetersauren Kali's. Man würde der Rechnung nach auf folgende Weise ein günstigeres Resultat erhalten:

Ausbeute.

Der zu raffinirende Salpeter wird in 0,239 seines Gewichts siedendes Wasser eingetragen und auf die gewöhnliche Weise behandelt. Nach dem Abschäumen setzt man noch $\frac{1}{10}$ vom Gewicht des Rohsalpeters heißes Wasser (von ungefähr 100°) zu der siedenden Salpeterlösung, läßt bis 97° erkalten und abklären, und zapft dann in die Krystallisationsgefäße.

Hat man z. B. 3000 Pfd. Rohsalpeter mit 20 p. C. Verunreinigung, wovon 14 p. C. Kochsalz und 6 p. C. Chlorkalium; so lösen 717 Th. Wasser die im Rohsalpeter enthaltenen 2400 Pfd. Salpeter *) und sämtliches Chlorkalium, von den 420 Pfd. Kochsalz aber nur **) 287 Th., es bleiben also 133 Th. ungelöst, die man absondert. Wenn zu den 717 Th. Wasser der kochenden Lösung 300 Th. Wasser von 100° gegossen und die Lösung bis 97° erkalten gelassen wird, so scheidet sich nichts aus. Bei 15° lassen alsdann die 1017 Th. Wasser 2140 Th. Salpeter auskrystallisiren und behalten alle Chloralkalien gelöst. Die Ausbeute wäre demnach 71,3 p. C. des Rohsalpeters und 89 p. C. des im Rohsalpeter enthaltenen salpetersauren Kali's. In Preussen erhält man bei jeder Versiedung des ostindischen Rohsalpeters aus 42 Centner 30, also 71,4 p. C. geläuterten Salpeter.

Reinheit des
geläuterten
Salpeters.

§. 23. Der auf die eben beschriebene Methode erhaltene Salpeter ist immer so rein, daß in einer Auflösung desselben in destillirtem Wasser bei Zusatz von salpetersaurem Silberoxyd oft nach 24 Stunden kaum eine leichte Trübung bemerkbar wird, und jedenfalls eine nicht stärkere, als das zum Waschen des Salpetermehls angewendete Flußwasser in jenem Reagens hervorbringt. Es ist also in dem geläuterten Salpeter kaum eine Spur von Chlormetallen, von schwefelsauren und andern Salzen aber gar nichts enthalten. Nach der Vorschrift für Fabriken, welche das Pulver für die französische Regierung liefern, darf der geläuterte Salpeter nicht über $\frac{1}{3000}$ seines Gewichts an Chlormetallen enthalten; der in den Fabriken des preussischen Staats dargestellte enthält nie so viel. Als Beweis für seine hinlängliche Reinheit gilt, wenn die Auflösung von $\frac{1}{2}$ Unze

*) Nach Lepage lösen 100 Th. Wasser 335 Th. Salpeter bei 115°,9 (dem Siedepunkte der gesättigten Lösung), 100 Th. Wasser von 15° 25,5 Th. Salpeter (nach Cotty).

**) 100 Th. Wasser von 109°,7 lösen nach Gay-Lussac 40,08 Th. Kochsalz, 59,3 Chlorkalium; 100 Th. Wasser von 16°,8 lösen 35,88 Th. Kochsalz, 34 Chlorkalium.

desselben in destillirtem Wasser mit salpetersaurer Silberoxydlösung keine Trübung bemerken läßt.

§. 24. Da der Rohsalpeter stets grössere oder geringere Mengen fremder Salze enthält und als solcher zur Pulverbereitung nicht tauglich ist, so ist es von Wichtigkeit, seinen wahren Gehalt an salpetersaurem Kali möglichst genau zu erfahren. Die Pulverfabriken, welche auf Rechnung des Staats betrieben werden, müssen (da der so geläuterte Salpeter, wie sie seiner bedürfen, noch kein Handelsartikel ist) sich den Rohsalpeter selbst läutern. Sie beziehen entweder ostindischen Salpeter auf den alljährlich in London stattfindenden Versteigerungen (so namentlich in Preussen), oder sie verarbeiten in Salpeterplantagen erzeugten Rohsalpeter, den sie von Privatleuten käuflich an sich bringen und zu dessen Lieferung in manchen Staaten (z. B. in Schweden) die Grundbesitzer verpflichtet sind. In allen Fällen müssen die Fabriken das Rohprodukt auf seinen Gehalt an reinem salpetersaurem Kali untersuchen und zwar mittelst Methoden, die so schnell als möglich zum Ziel führen; denn eine nach den Regeln der analytischen Chemie sorgfältig ausgeführte Analyse würde zu zeitraubend sein.

Analyse
des
Rohsalpeters.

Obwohl man bei technischen Proben, wie diese, keine scrupulöse Genauigkeit beansprucht, so leisten doch die zur Zeit in den verschiedenen Staaten üblichen Methoden kaum das, was selbst für eine oberflächliche Beurtheilung der Güte eines Rohsalpeters verlangt werden muß. Der Grund hiervon liegt in den chemischen Eigenschaften der Salpetersäure, des Kalis und des Natrons, welche, wenn sie in einem Salzgemenge zusammen vorkommen, durch keine andern chemischen Verbindungen vollständig ausgeschieden werden können, wie es z. B. bei der Baryterde oder der Schwefelsäure möglich ist. Namentlich hat die quantitative Bestimmung des Natrons bis jetzt unübersteigliche Hindernisse dargeboten, denn die Anwendung des antimonsauren Kali's zur Ausscheidung des Natrons ist aus den oben (1. Abth. §. 770.) angeführten Gründen unsicher. Aber selbst wenn das Na-

tron genau zu ermitteln wäre, so ist damit noch nicht festgestellt, ob es an Chlor oder an Salpetersäure gebunden ist. Im erstern Falle ist es eine schädliche Beimengung, im letztern trägt es wenigstens etwas zur Verbesserung eines Salpeters in so fern bei, als es sich bei Vorhandensein von Chlorkalium während des Eindampfens der Lauge theilweise in salpetersaures Kali und Chlornatrium zersetzt ($\text{Na}\ddot{\text{N}}$ und $\text{KCl} = \text{K}\ddot{\text{N}}$ und NaCl). Jene Schwierigkeit, die Quantität des beigemengten salpetersauren Natrons nur einigermaßen genau nachzuweisen, ist aber ein um so größerer Uebelstand, als jetzt bisweilen Rohsalpeter zum Kauf angeboten wird, der entweder geflissentlich mit Chilisalpeter vermischt, oder aus letzterm und Pottasche dargestellt (s. I. §. 303.) und daher mit mehr oder weniger salpetersaurem Natron verunreinigt ist. Der ostindische Salpeter, dessen fremde Beimengungen überhaupt unbedeutender als die des andern Rohsalpeters sind, enthält unter denselben meistens nur geringe Mengen salpetersaurer Salze von Kalkerde (0,5—0,8 p. C.) und Magnesia (0,4—0,72 p. C.), sehr wenig Schwefelsäure (0,0005—0,002) und außerdem Chlor (zwischen 0,003—1,2 p. C.), welches theils an Kalium, theils an Natrium gebunden ist.

§. 25. Um eine ziemlich genaue Analyse des ostindischen Rohsalpeters auszuführen, verfährt man auf folgende Weise:

Bestimmung
des
Wassers und
der mechani-
schen Bei-
mengungen.

1) Von dem lufttrocknen fein geriebenen Salpeter werden 20 Grm. abgewogen, $\frac{1}{2}$ Stunde lang bei $+ 120^\circ$ erhitzt und der Gewichtsverlust (das Wasser) ermittelt. Die Masse wird alsdann in heißem Wasser gelöst, filtrirt und der Rückstand nach dem vollständigen Auswaschen des Filtrums mit heißem Wasser, von letzterm abgenommen, wenn das Filtrum im Wasserbade vorher getrocknet ist. Man bestimmt das Gewicht des Rückstandes, der gewöhnlich aus Thon, Sand, kohlensaurem Kalk, Eisenoxyd, Brocken von der Verpackung u. dgl. besteht, in einer kleinen bis 120° erhitzten tarirten Schale; es beträgt in der Regel zwischen 2—5 p. C.

2) Die vorige Lösung wird kochend mit einer Lösung von kohlensaurem Natron gefällt, die ausgeschiedenen kohlensauren Salze der Kalkerde und Magnesia trennt man durch Filtration, löst sie in Salzsäure und fällt nach Uebersättigung mit Ammoniak die salzsaure Lösung durch Oxalsäure. Der oxalsaure Kalk wird geglüht, auf die gewöhnliche Weise quantitativ als kohlensaures Salz bestimmt und als salpetersaure Kalkerde berechnet. Die von der oxalsauren Kalkerde abfiltrirte ammoniakalische Flüssigkeit untersucht man durch einen Zusatz von einigen Tropfen Phosphorsäure, ob ein Niederschlag von phosphorsaurer Ammoniak-Magnesia entsteht, dessen Volum das des oxalsauren Kalkes um ein Beträchtliches übersteigt. In diesem Falle schlägt man durch Phosphorsäure die Magnesia völlig nieder, wäscht den Niederschlag auf dem Filter mit Ammoniak aus, trocknet und glüht ihn und berechnet aus dem Glührückstande für je 1 Th. desselben $0,3633 \text{ Magnesia} = 1,3273 \text{ salpetersaure Magnesia}$.

Bestimmung
der
Kalkerde
und
Magnesia.

3) Man mengt eine grössere Menge Rohsalpeter (etwa $\frac{1}{2}$ —1 Pfund) innig durcheinander, nimmt davon 2—3 Grm. und löst diese in ungefähr 30 Grm. warmen Wassers in einem Glase mit eingeriebenem Stöpsel. In dieser Lösung wird der Chlorgehalt durch eine titrirte Lösung von salpetersaurem Silberoxyd bestimmt, welche man sich auf folgende Weise bereitet: 4,793 Grm. salpetersaures Silberoxyd (rein und frisch dargestellt) werden in 1000 Volumtheilen der Bürette (s. 1. Abth. S. 151. Fig. 39.) Wasser gelöst; jeder Theilstrich der Bürette entspricht dann 0,001 Grm. Chlor*). Die Lösung ist für viele Versuche ausreichend und wird, damit sie nicht durch das Licht zersetzt werde, in einer geschwärzten Flasche aufbewahrt. Es ist klar, dass man sich auch eine stärkere Lösung vorrätig halten und einen Theil

Bestimmung
des Chlors.

*) Um sich davon zu überzeugen, ist es zweckmässig, die für eine grosse Reihe von Versuchen vorbereitete Silbersalzlösung auf ihren richtigen Gehalt zu prüfen. Man thut dies, indem man mit ihr eine Lösung von 0,1 Grm. chemisch reinen geschmolzenen Chlornatriums sorgfältig zersetzt.

davon in der Bürette vor der Anwendung mit gewissen Raumtheilen Wasser verdünnen kann. Die mit Salpetersäure stark angesäuerte und erwärmte Lösung des Rohsalpeters wird nach und nach mit der in der Bürette befindlichen Lösung des salpetersauren Silberoxyds versetzt, nach jedem Zusatz stark geschüttelt und ein wenig in Ruhe gelassen. Bei Hinzufügung der letzten Portionen der Silbersalzlösung ist vorsichtig zu verfahren. Die durch die Probe ermittelte Menge Chlor wird auf $\frac{2}{3}$ Chlorkalium und $\frac{1}{3}$ Chlornatrium berechnet, so dafs 1 Th. Chlor = 1,927 Th. Chlormetallen entspricht, wovon 1,285 KCl und 0,642 NaCl *).

Bestimmung
der
Schwefel-
säure.

4) Die Ermittlung der Schwefelsäure kann ebenfalls durch eine titrirte Lösung von salpetersaurer Baryterde geschehen, und zwar in derselben Lösung, in welcher der Chlorgehalt bestimmt ist, nachdem dieselbe vom gefällten Chlorsilber abgegossen, das letztere mehrmals mit Wasser gewaschen ist und die Waschwässer mit der Lösung vereinigt sind. Besser ist es aber in einem ähnlichen, jedoch größern Glase 6—8 Grm. Rohsalpeter zur Untersuchung zu verwenden, weil der Schwefelsäuregehalt so unbedeutend ist. Man kann ihn überhaupt füglich vernachlässigen, wenn man sich nicht vorher durch eine qualitative Probe überzeugt hat, dafs er von Erheblichkeit ist. Zu seiner Ermittlung bedient man sich einer Lösung von 3,26 Grm. salpetersaurer Baryterde in 2000 Volumtheilen (der Bürette) Wasser, jeder Theilstrich entspricht alsdann 0,0005 Grm. Schwefelsäure. Das Verfahren bei der Ausfällung ist eben so wie vorher bei der Chlorbestimmung auseinandergesetzt ist, nur muß die Lösung des Salpeters mehr verdünnt und schwächer angesäuert (mit Chlorwasserstoffsäure), wenn sie nicht klar ist, vorher filtrirt und während der Fällung fast bis zum Kochen erhitzt werden.

*) Mehrfache Versuche mit ostindischem Rohsalpeter zeigten bei sorgfältigen Analysen ungefähr das angeführte Verhältniß zwischen Chlorkalium und Chlornatrium.

§. 26. Die Untersuchung eines Salpeters, der mit grö-^{Untersuchung} fseren Mengen salpetersauren Natrons vermischt ist, läßt ^{eines} sich auf kurzem Wege durchaus nicht genau ausführen (s. ^{Salpeters auf} salpetersaures ^{Natron.} oben p. 19.). Um seinen etwaigen Werth für die fabrikmäßige Verarbeitung annäherungsweise kennen zu lernen, verfährt man kurz so: Nachdem man sich vorher überzeugt hat, daß die etwa beigemengten Schwefelsäure- und Chlorverbindungen nicht über 3—5 p. C. betragen, nimmt man 50 oder 100 Grm. desselben, löst sie in wenig kochendem Wasser und macht eine präcipitirte Krystallisation (s. oben §. 21.). Der ausgeschiedene Salpeter wird einmal mit wenig kaltem Wasser 1 Stunde in Berührung gelassen und nach Abgießen des letztern erst langsam, dann bei 150° getrocknet und gewogen. Beträgt sein Gewicht nur ungefähr 40—50 p. C. der ursprünglich angewandten Menge, so ist eine bedeutende Menge salpetersauren Natrons beigemischt. Man fügt hierauf zu der Mutterlauge ungefähr $\frac{3}{4}$ vom Gewicht der noch darin enthaltenen Salze an reinem Chlorkalium, dampft die Lösung mäßig stark ein und läßt langsam krystallisiren; der dabei in langen Krystallen abgeschiedene Salpeter wird vorläufig bei Seite gestellt. Die Mutterlauge hiervon wird langsam verdampft, die dabei sich ausscheidenden Chlormetalle entfernt man mit einem Durchschlag aus der Lösung. Ist letztere auf ein kleines Volum abgedampft, so erhitzt man sie vorübergehend zum Kochen, gießt sie schnell von den ausgeschiedenen Salzen ab und läßt sie langsam krystallisiren. Der hierbei ausgeschiedene Salpeter wird mit dem vorigen vereinigt, beide unterwirft man einer präcipitirten Krystallisation, wäscht den ausgeschiedenen Salpeter 3—4mal mit wenig kaltem Wasser, trocknet und wägt ihn. Aus der Mutterlauge kann man bei ähnlicher Behandlung noch etwas Salpeter darstellen, für die Probe im Kleinen lohnt dies aber nicht, weil dieser Salpeter zu unrein wird; die noch zu gewinnende Menge würde indess bei der fabrikmäßigen Verarbeitung auf solche Weise nicht unerheblich sein.

Untersuchung §. 27. Wenn man im Voraus weiß, daß ein zu unter-
 auf suchender Salpeter keine andere Beimischung als salpeter-
 salpetersau- saures Natron enthält, so kann man durch das Gewicht des
 res Natron Wassers, welches eine gewogene Menge anzieht, seinen Ge-
 durch halt an salpetersaurem Natron erfahren. Man mischt näm-
 Wasseran- lich zu mehreren Proben reinen Salpeters verschiedene Pro-
 ziehung. cente reines salpetersaures Natron (die als Normalproben
 dienen), setzt diese nebst dem zu untersuchenden Salpeter
 unter ein Gefäß neben Wasser auf den Teller der Luftpumpe
 und versucht nach einiger Zeit, mit welcher von den Nor-
 malproben die untersuchte Probe im Gewicht übereinstimmt.
 Diese Untersuchungsweise erfordert jedoch besondere Vor-
 sichtsmafsregeln und eine ziemlich gleichmäfsige Temperatur
 während der Wasseranziehung *).

Die §. 28. Die in Frankreich von Riffault, in Schweden
 Salpeterpro- von G. Schwartz und in Oesterreich von Hufs eingeführ-
 ben von ten Methoden zur Untersuchung des Rohsalpeters geben, ob-
 Riffault, wohl sie den Vorzug einer schnellen Ausführbarkeit haben,
 unzuverlässige Resultate. Die Riffaultsche Methode beruht
 auf der Eigenschaft einer gesättigten Salpeterlösung, bei dem
 Temperaturgrade, wobei sie gesättigt ist, noch Kochsalz
 Schwartz auflösen zu können. Schwartz schmilzt den Rohsalpeter,
 gießt ihn in zolldicke Kuchen und beurtheilt nach dem mehr
 oder minder strahligen Bruch die gröfsere oder geringere
 Reinheit des Salpeters. Es ist nämlich eine Thatsache, daß
 und reiner Salpeter geschmolzen auf dem Bruch ein vollkommen
 strahliges Gefüge hat mit Glasglanz der prismatischen Kry-
 stallflächen, und daß er dasselbe sammt dem Glanz voll-
 ständig verliert durch eine Beimengung von 2 p. C. Kochsalz.
 Dasselbe geschieht aber auch durch eingemengtes salpeter-
 saures Natron. Hufs' Probe besteht in der Beobachtung des
 Huss. Temperaturgrades, bei welchem eine Auflösung von bekann-
 ten Gewichten Salpeter in einem bekannten Gewicht Wasser
 die ersten Krystalle absetzt. Wenn es durch Versuche vorher

*) S. Archiv für d. Offiz. d. Preufs. Artill.- und Ingen.-Korps.
 Bd. II., p. 22.

ermittelt ist, mit wie viel reinem Salpeter 100 Th. Wasser bei verschiedenen Temperaturen gesättigt sind, so läßt sich aus der Temperatur, bei welcher eine Salpeterlösung anfängt zu krystallisiren, ihr Gehalt an reinem Salpeter berechnen, vorausgesetzt, daß die Anwesenheit anderer Salze (z. B. des Kochsalzes) keine Veränderung in der Sättigung hervorbringt *).

2. Kohle.

§. 29. Mit Recht hat man neuerlich ein besonderes Augenmerk auf die Bereitung der für die Pulverfabrikation bestimmten Kohle gerichtet, weil gerade dieser von den drei Gemengtheilen des Schießpulvers die Eigenschaften eines Pulvers wesentlich bedingt, denn

Bedeutung
der Kohle im
Pulver.

1) zur Zerlegung des Salpeters im Gemenge mit Schwefel sind (s. §. 7.) für den größtmöglichen Effect 3 Atome oder 13,3 p. C. reiner Kohlenstoff erforderlich. Die Kohle ist aber nach ihrer üblichen Darstellungsweise nie reiner Kohlenstoff, sondern enthält außer feuerbeständigen Salzen noch Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff, welche nie vollständig entfernt werden können und überdies nie ohne Beeinträchtigung anderer zur Pulverbereitung erforderlicher Eigenschaften bis zum Minimum ausgetrieben werden dürfen.

2) Je nach der einen oder andern Bereitungsweise vermehren oder vermindern sich die hygroskopischen Eigenschaften der Kohle. Unter den feuerbeständigen Salzen der Kohle findet sich hauptsächlich kohlenaures Kali, welches zur Vermehrung der hygroskopischen Eigenschaften beiträgt.

3) Eine größere Menge von jenen Beimengungen der Kohle, die bei der Zersetzung des Pulvers gasförmig werden,

*) Nach Longchamps Versuchen nehmen von einer bei $+18^{\circ}$ C. gesättigten Salpeterlösung, welche 21,63 p. C. Salpeter enthält, 100 Gr., mit 5 Gr. NaCl vermischt, noch auf 0,744 Gr. Salpeter.

-	-	10	-	-	-	1,267	-	-
-	-	15	-	-	-	1,658	-	-
-	-	20	-	-	-	1,827	-	-
-	-	25	-	-	-	2,583	-	-
-	-	26,85	-	-	-	3,220	-	-

kann den Effect desselben so steigern, daß eine schädliche mechanische Einwirkung auf die Geschützwände statt findet.

4) Das spec. Gew. der Kohle ist, abgesehen von der mechanischen Bereitung, bei der Fabrikation des Pulvers von größtem Einfluß auf das spec. Gew. des Pulvers, also auf die Menge des bei der Zersetzung entwickelten Gases. Wenn z. B. ein Pulver von 0,9 spec. Gew. bei $+1200^{\circ}$ 1597,8 Volumina Gas liefert, so entwickelt ein Pulver bei einem spec. Gew. $= 1$ bei $+1200^{\circ}$ 1772,4 Volumina (s. oben §. 8.).

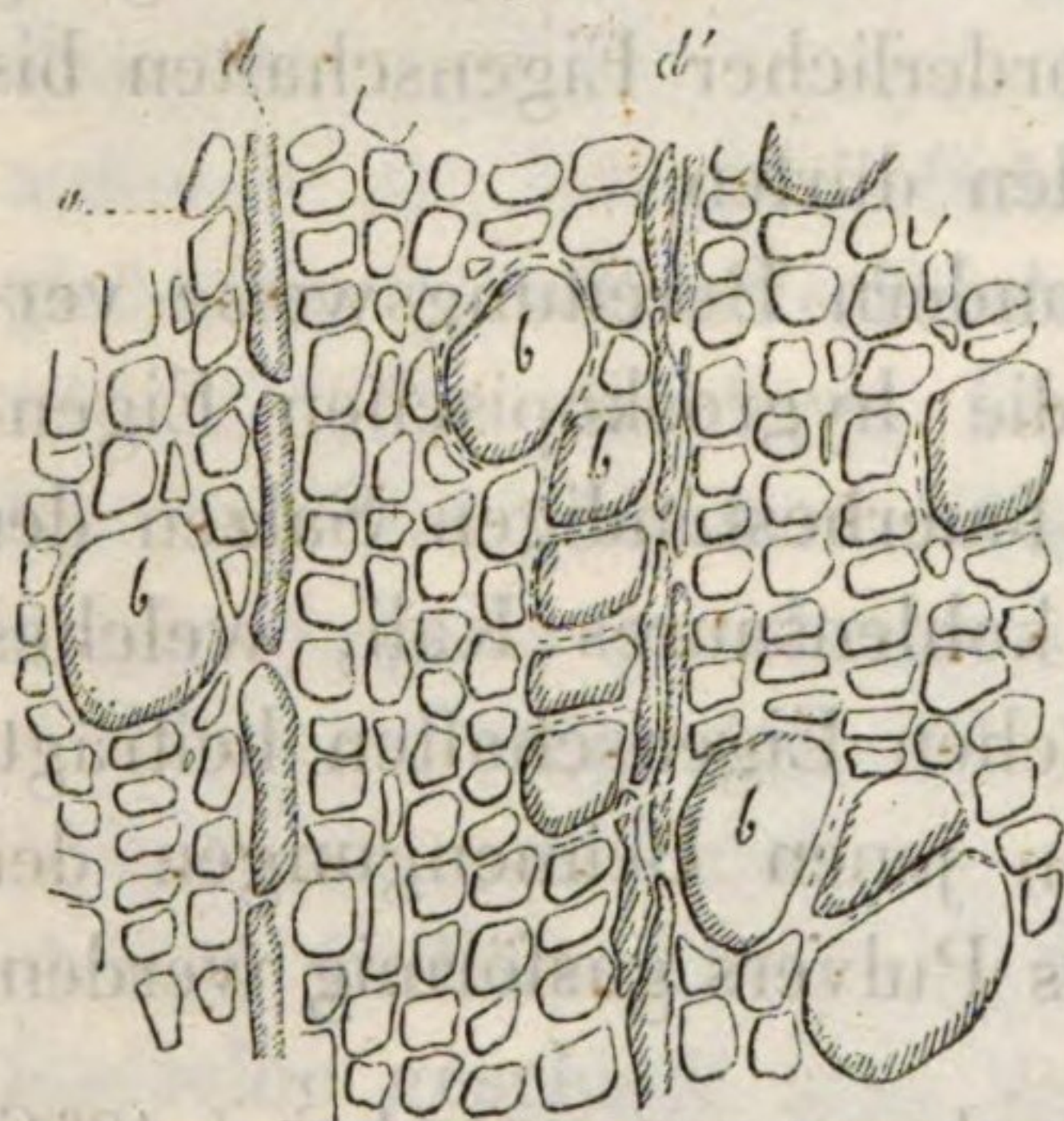
5) Von der Dichtigkeit der Kohle hängt theilweise die Schnelligkeit ab, mit welcher die Zersetzung durch die ganze Masse eines Pulvers sich verbreitet.

Structur
des Holzes.

§. 30. Um die Zusammensetzung und die Eigenschaften der Kohle so wie den Proceß ihrer Darstellung leichter zu übersehen, ist es zweckmäfsig, mit der organischen Structur der Pflanzen sich bekannt zu machen.

Der Stamm der Bäume und Sträucher (aus denen man gewöhnlich Kohle für die Pulverfabriken darzustellen pflegt)

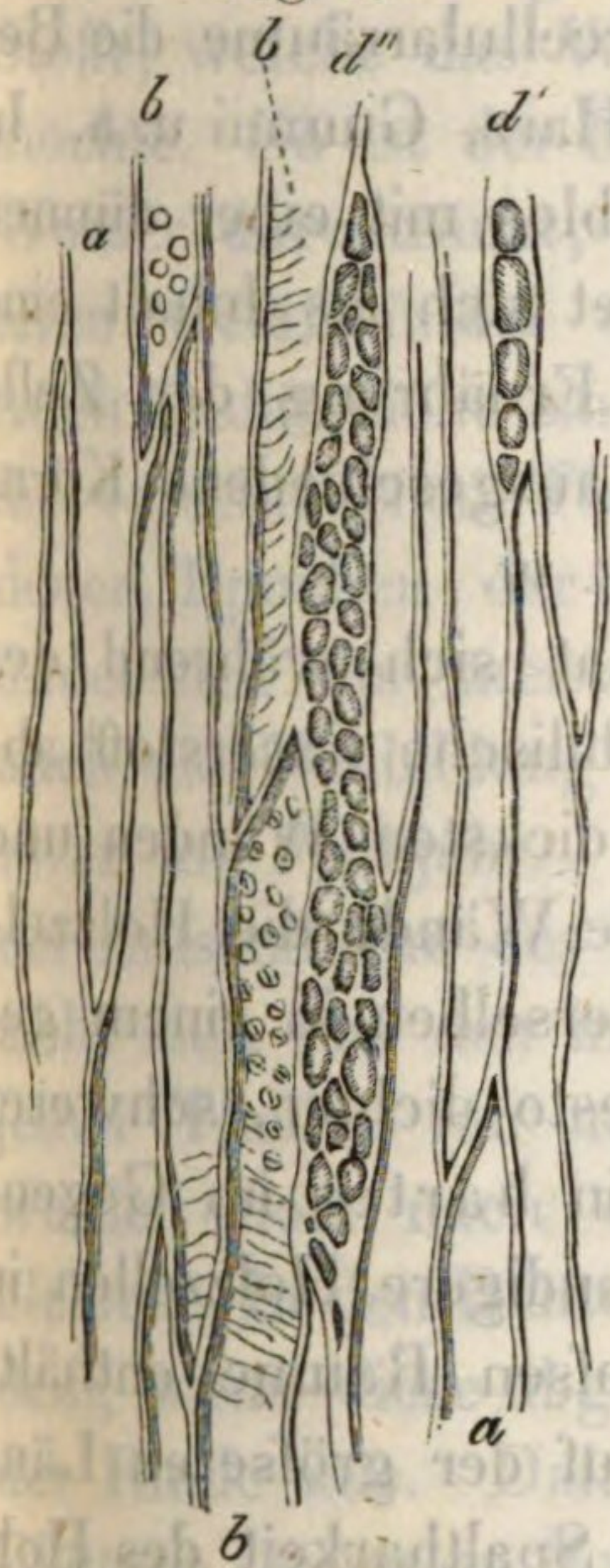
besteht aus mehreren in ihrer Structur von einander unterscheidbaren Theilen, die z. B. auf dem Querschnitt von Faulbaumholz *) sich folgendermassen darstellen: die Axe (das Mark) besteht aus einem Gewebe dünnwandiger Zellen, welche gewöhnlich in ihren Längs- und Querdimensionen ziemlich gleich sind und an vielen Stellen sich strahlenförmig (Markstrahlen d , d') bis zur Rinde erstrecken.



*) Die Fig. 8. stellt den Quer- und Fig. 9. den Längs-Durchschnitt eines jungen Zweiges von Faulbaum, *Prunus Padus*, ohne Mark und Rinde dar; a Holzzellen, b Gefäßzellen (Spiralgefäße). Die äusseren Wände der Zellen sind in der Zeichnung weggelassen, daher auch etwaige Intercellularräume nicht bemerkbar sind.

Rings um das Mark liegt das Holz, ein Aggregat seitlich verwachsener Gefäßbündel, welche aus den Holz- und den Gefäßzellen wesentlich bestehen. Die Holzzellen (auch Langzellen genannt) sind mehr lang als breit (Fig. 9. *a.*) und enden mehr oder weniger spitz. Aehnlich erscheinen die Gefäßzellen, nur zeigen sie sich auf dem Längsschnitt bald gestreift, getüpfelt, geringelt, bald spiralig gewunden (daher Spiralgefäße genannt). Um das Holz findet sich eine kleine Schicht Zellen (der Bast) gelagert, welche auf dem Querschnitt sehr dickwandig erscheinen, im Uebrigen den Holzzellen ähnlich sind. Zwischen Bast und Holz befindet sich eine Lage äusserst zartwandiger, mit einer trüben Flüssigkeit erfüllter Zellen (das sogen. Cambium), von welcher die wei-

Fig. 9.



tere Entwicklung des Stammes ausgeht, indem die neu gebildeten Zellen theils nach Innen an die alten Holzzellen, theils nach Aussen an Bast und Rinde sich anlagern. Ueber dem Bast liegt nach aussen eine Schicht Zellgewebe, welches sich durch eine eigenthümliche Structur seiner Zellen vor denen des Marks nicht auszeichnet, und mit dem Bast vereinigt die Rinde ausmacht, die im jungen Zustande noch mit der Oberhaut (Cuticula) bedeckt ist. Die Markzellen zerreißen gewöhnlich beim spätern Wachsen der Pflanze, sterben ab und lassen eine hohle Röhre zurück. Die Holzzellen verdicken sich durch abgelagerten vegetabilischen Faserstoff und da das Anlagern der Holzbündel nur während der Periode des Sommers (in

der gemäßigten Zone) geschieht, und zwar die im Beginn dieser Periode gebildeten Zellen weniger verdickt erscheinen als die am Ende derselben entstandenen, so bietet diese Erscheinung ein sehr auffallendes Kennzeichen für das jährliche

Wachsthum der Pflanze dar (die Jahresringe). Die Holzzellen sind nie auf den Wänden so verdickt, daß sich nicht im Innern wenigstens eine kleine Höhlung bemerken ließe, und ihre Berührung unter einander in der Pflanze ist nie so vollständig, daß man nicht zwischen ihnen Lücken (oft dreieckig, oft anders gestaltet) beobachten könnte (Intercellular-Gänge oder -Räume). Die Oeffnungen der Gefäße und der Intercellular-Räume sind meistentheils mit Luft gefüllt, nur im Frühjahr beim Steigen des Saftes enthalten sie Wasser mit den darin gelösten organischen und unorganischen Stoffen und führen den jüngern Theilen des Baumes (Knospen und Blättern) die Nahrungsbestandtheile zu, welche in den Zellen theils assimilirt, theils am Ende der jährlichen Vegetationsperiode abgelagert und für die nächste aufgespeichert bleiben. Bisweilen sind die Intercellularräume die Behälter eigenthümlicher Säfte, z. B. von Harz, Gummi u. a. In den Zellen, die im jungen Zustande bloß mit einer dünnen Wand (Membran) umkleidet sind, findet sich als Inhalt eine farblose Flüssigkeit, welche die zur Ernährung der Zelle nothwendigen Stoffe enthält, oft auch ausgeschiedene Körnchen von Stärke, Tropfen von Oel u. s. w.

In den Holz- und Gefäßzellen hat sich während des Lebens der Pflanze der meiste vegetabilische Faserstoff abgesetzt, sie erscheinen daher mit den dicksten Wänden und bilden das eigentliche Holz. Je dickere Wände die Holzzellen einer Holzart haben und je mehr derselben in einem gewissen Raum sich angehäuft haben, desto dichter, schwerer ist ein solches Holz, man nennt es ein hartes im Gegensatz zu solchem Holz, welches dünnwandigere Holzzellen in geringerer Anzahl in einem gleich großen Raume enthält; letzteres heißt ein weiches Holz. Auf der größeren Längenausdehnung jener Zellen beruht die Spaltbarkeit des Holzes und seine Biegsamkeit.

Bestandtheile
des Baumes
während der
Vegetation.

§. 31. Die chemische Untersuchung zeigt, daß jeder Theil einer Pflanze hauptsächlich aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff besteht, außerdem aber noch Stickstoff

und wechselnde Mengen von Salzen unorganischer Basen enthält. Ein Theil des Wasserstoffs und Sauerstoffs sind als Wasser vorhanden, ein anderer Theil dieser Elemente aber ist in verschiedenen Mengenverhältnissen theils mit Kohlenstoff zu verschiedenen ternären Verbindungen, wie Gummi, Dextrin, Stärke, Zucker, Holzfaser u. a. vereinigt, theils mit Kohlenstoff und Stickstoff zu Eiweiß und andern Verbindungen, die oft gewissen Pflanzenfamilien ausschließlich eigen sind.

Während der (in den gemäßigten Zonen beschränkten) Vegetationszeit des Jahres findet eine Circulation von Saft in den Pflanzen statt. Die Wurzeln der Bäume nehmen aus dem Boden das ihnen sich darbietende Wasser auf und mit ihm die in demselben gelösten Salze und etwaigen organischen Stoffe, welche das Wasser auf seinem Wege zu lösen vermochte. So ist der Baum in der Vegetationsperiode stets mit Wasser durchtränkt, aber nicht gleichmäßig, denn die dickeren Gefäßbündel weniger als die dünnwandigen Zellen. Auch findet nicht eine gleich reichliche Saftcirculation durch die verschiedenen Theile des Baums und während verschiedener Epochen der Vegetationsperiode statt. Bekanntlich findet sich der meiste Saft zwischen Rinde und Holz (wo auch die Neubildung der jungen Zellen vor sich geht) und zwar im Frühjahr. Wo die Verdunstung des Wassers von der Außenfläche des Baumes am stärksten vor sich geht, da zieht sich von den innern Theilen des Baumes der Saft nach jenen Theilen hin und die im Saft gelösten Bestandtheile werden dort nach der Verdunstung des Wassers zurückbleiben. In den Blättern findet dies am meisten statt, nächst dem, wenn diese abgefallen, von der Bekleidung des Baumes, der Rinde aus. Daher der reichliche Gehalt von Salzen in Blättern, jüngsten Zweigen und Rinde.

§. 32. Der vegetabilische Faserstoff, Cellulose, welcher sich am leichtesten aus der Bastfaser *) durch Behandlung mit Zusammensetzung der

*) Der beste Repräsentant dafür ist das schwedische Filtrirpapier, aus feinster Leinwand angefertigt.

reinen Holz-
faser.

Wasser, Alkohol und Aether, verdünnten Alkalien und Säuren in reinem Zustande darstellen läßt, enthält nach Abrechnung einer höchst geringen Menge feuerbeständiger Salze, die sich aus den Bastzellen nicht entfernen lassen, ohne die Faser chemisch zu verändern, folgende procentige Bestandtheile, bei 120° C. getrocknet:

Kohlenstoff	44,45	} entsprechend der Formel $C^{12}H^{10}O^{10}$.
Wasserstoff	6,17	
Sauerstoff	49,38	

Vergleicht man mit diesen Zahlen die Zusammensetzung verschiedener Hölzer, welche bei 100° getrocknet, aber nicht mit den oben erwähnten chemischen Reagentien behandelt sind, so ergibt sich keine groſse Abweichung in dem Gehalt der einzelnen Bestandtheile und es folgt daraus, daſs die in dem Saſte gelösten organischen Substanzen, da ihre chemische Zusammensetzung in den Säften verschiedener Pflanzenfamilien doch sehr verschieden ist*), nur einen sehr kleinen Bruchtheil von dem Zellgewebe des Holzes ausmachen.

Zusammen-
setzung ver-
schiedener
Hölzer.

	Querc. Rob. Eiche	Fag. sylv. Weissbuche	Bet. Aln. Erle	Pin. Pic. Fichte	Frax. exc. Esche
Kohlenstoff	49,432	48,533	49,196	49,591	49,360
Wasserstoff	6,069	6,301	6,217	6,384	6,075
Sauerstoff	44,499	45,166	44,587	44,025	44,565

Wassergehalt
des Holzes.

§. 33. Jedes frisch gefällte Holz enthält Wasser, und zwar je nach der Jahreszeit, in welcher es geschlagen ist, verschiedene Mengen; auſserdem ist bei verschiedenen Arten von Hölzern der Wassergehalt nicht derselbe, wenn sie auch auf demselben Boden gewachsen und in derselben Zeit gefällt sind. So enthielt z. B. das Holz der Hainbuche im frisch gefällten Zustande 18½ p. C., das der Kiefer 39,7, das des Faulbaums 42, das der Linde 47 und das der Schwarzpappel 51,8 p. C. Wasser. Ist frisches Holz trockner

*) In der Eiche ist vornämlich eine kohlenstoffreiche Substanz, die Gerbsäure, enthalten, in den Nadelhölzern finden sich dagegen wasserstoffreiche, die Harze und Oele.

Luft ausgesetzt, so verliert es einen Antheil seines Wassergehalts, ganz aber wird es von demselben nie befreit; denn es enthält, selbst Jahre lang unter Bedachung dem Luftzuge ausgesetzt, oder Monate lang in geheizten Zimmern aufbewahrt, immer noch gegen 15—20 p. C. Wasser. Nicht minder schwankt der Wassergehalt des Holzes in verschiedenen Jahreszeiten; so enthielt 10 Jahre altes Faulbaumholz, der Luft ausgesetzt, im Frühjahr 18, im Sommer 10 p. C. Wasser. In diesem Zustande wird es lufttrocken genannt. Die Structur des Holzes erklärt diese starke Neigung, Wasser aufzunehmen und festzuhalten, wie es bei der Kohle ebenfalls bemerkbar ist. Wenn Holz gänzlich von Wasser befreit werden soll, so muß es längere Zeit bei einer Temperatur von $+120^{\circ}$ C. in einem Strom völlig getrockneter Luft erhalten werden.

§. 34. Der reine vegetabilische Faserstoff ist eine farblose, geruch- und geschmacklose Masse von ungefähr 1,5 spec. Gew., welche ohne Anwendung von Wärme von hinreichend verdünnten Säuren und Alkalien, von Alkohol, Aether und ätherischen, wie fetten Oelen keine chemische Veränderung erleidet. Concentrirte Säuren und Alkalien zersetzen die Holzfaser und liefern je nach der Art der Säure oder des Alkali, dem Grad ihrer Concentration und der Temperatur, bei welcher die Faser behandelt wird, verschiedene Produkte, deren Aufzählung und Betrachtung für den vorliegenden Zweck nicht erforderlich ist. Mit Jodlösung behandelt, färbt sich der vegetabilische Faserstoff gelbbraun, und wenn er alsdann mit nicht zu verdünnter Schwefelsäure (von 1,7 p. 5.) behandelt wird, indigblau, weil Stärke sich bildet.

Eigenschaften
des reinen
vegetabil.
Faserstoffs,

In atmosphärischer Luft, namentlich in trockner, hält sich der Faserstoff unverändert, mit Wasser und Luft in Berührung zerlegt er sich nach längerer Zeit unter Gasentwicklung. Bei erhöhter Temperatur, die bis zur Rothgluth steigt, erleidet er Zersetzungen, welche später bei der Gewinnung der Kohle genauer angeführt werden sollen.

des Holzes.

Mit wenigen Abänderungen in Bezug auf die in einigen Holzarten enthaltenen eigenthümlichen Zellsäfte kommen dem Holze dieselben chemischen und physikalischen Eigenschaften zu. Trocknes Holz widersteht Jahrhunderte lang der Zersetzung (Fäulniss, Vermoderung) durch die Luft, namentlich wenn zuvor durch erhöhte Temperatur dem Inhalt der Zellen die leichte Gährungsfähigkeit benommen ist, und eben so hält es sich unter Wasser ohne Zutritt von Luft sehr viele Jahre. Am längsten widersteht das Holz, wenn es mit einer Auflösung von verschiedenen Metallsalzen, z. B. mit Quecksilberchlorid (das Verfahren Kyan's), mit Kupfervitriol, essigsaurem Eisenoxyd u. a. getränkt ist. Von den organischen Substanzen leistet Theer dieselben Dienste. Die Producte der Vermoderung des Holzes sind reicher an Kohlenstoff und ärmer an Sauerstoff und Wasserstoff als das Holz und stellen eine weisse oder braune, leicht zerreibliche Masse dar, mit erdigen Bestandtheilen gemischt Dammerde genannt.

Spec. Gew.
des Holzes.

Das spec. Gew. des Holzes ist an und für sich grösser als das des Wassers, wenn dasselbe vom zerkleinerten Holze genommen wird. So ist z. B. das spec. Gew. des Lindenholzes = 1,13, des Tannenholzes = 1,16, des Eichenholzes = 1,27, des Buchenholzes = 1,29 gefunden. In der Technik aber wird das spec. Gew. des Holzes gewöhnlich an Holz in zusammenhängenden Stücken bestimmt. Die Zahl des spec. Gew. wird dann durch die in den Poren des Holzes enthaltenen Luft wesentlich verändert und zwar verringert. So gab z. B. die Eiche ein spec. Gew. = 0,65, die Buche = 0,752, Birke = 0,738, Tanne = 0,481, Linde = 0,559. Zwar erlaubt auch diese Zahl vergleichsweise einen Schluss auf die grössere oder geringere Dichte der Structur, indess scheinen bis jetzt die Methoden der Bestimmung des spec. Gew. in ganzen Stücken sehr unsicher und schwankend, daher für dieselben Hölzer verschiedene Experimentatoren sehr abweichende Zahlen gefunden haben.

§. 35. Wie alle organische Körper erleidet auch das Holz bei erhöhter Temperatur eine chemische Zersetzung, welche darin besteht, daß die Elementarbestandtheile des selben sich zu andern chemischen Verbindungen vereinigen, welche je nach der Temperatur und nach den in verschiedenen Holzarten enthaltenen besondern Stoffen verschieden sind. Wenn Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff so complicirte Verbindungen bilden, die bei erhöhter Temperatur nicht an und für sich flüchtig sind, wie es beim Holz z. B. der Fall ist, so entstehen bei der Zersetzung neue, weniger complicirte Verbindungen der drei Körper, deren Auftreten in einer gewissen Periode die zu dieser Zeit herrschende Temperatur bedingt. Denn die Verwandtschaftskraft der Elemente in den meisten Verbindungen macht sich nur bis zu einer gewissen Temperatur geltend. Während z. B. bei mäßigeren Hitzegraden noch Verbindungen der drei Elemente unter einander auftreten, bilden sich bei höheren Hitzegraden nur noch binäre Verbindungen.

Zersetzung
des
Holzes durch
erhöhte
Temperatur.

In der ersten Periode des Erhitzens wird das im Holze enthaltene Wasser flüchtig, alsdann bildet sich aus einem Antheil des Wasserstoffs und Sauerstoffs Wasser, gleichzeitig aber entstehen ternäre Verbindungen von Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, weiterhin findet man nur noch binäre, die anfangs aus Kohlen- und Wasserstoff und dann aus Kohlen- und Sauerstoff bestehen. Die unbedeutende Menge Stickstoff liefert etwas Ammoniak.

Findet das Erhitzen des Holzes bei Zutritt der Luft statt, so werden nach und nach die durch die Wärme gebildeten gasförmigen Produkte (s. Abth. I, p. 70. 71.) vom Sauerstoff der Luft oxydirt (soweit sie überhaupt noch oxydirbar sind) und die Endprodukte einer vollständigen Oxydation sind Kohlensäure und Wasser. Die organischen Bestandtheile des Holzes sind in flüchtige Verbindungen umgewandelt oder wie wir uns ausdrücken verbrannt, und es bleibt von demselben nichts übrig als die Asche, d. h. ein Gemenge unverbrennlicher Salze (s. Abth. I. §. 277.), in

Verbrennen
des Holzes.

Asche.

welchem die kohlensauen, die durch Oxydation der im Holze enthaltenen pflanzensauren Salze gebildet sind, den vorwaltenden Bestandtheil ausmachen.

Zersetzung
des
Holzes durch
erhöhte
Temperatur
ohne
Luftzutritt,

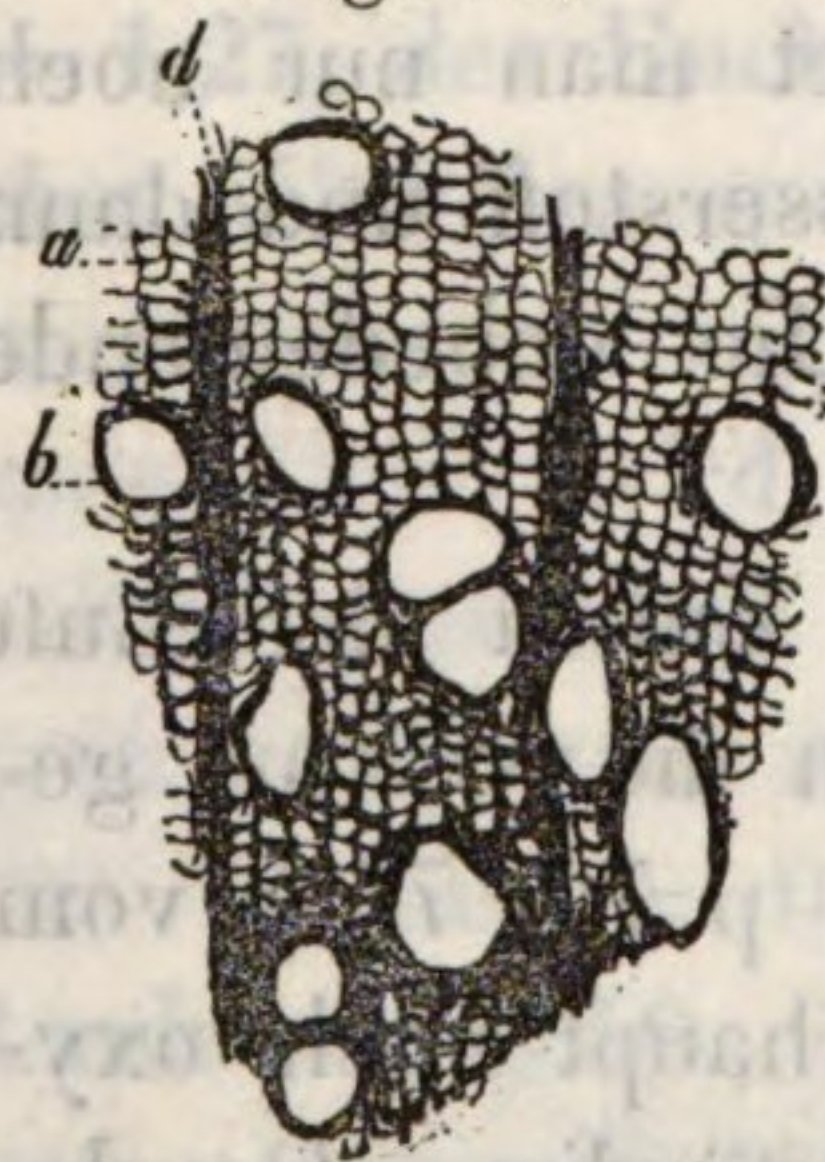
trockne
Destillation.

Theer.
Holzessig.

Kohle.

§. 36. Setzt man das Holz bei Abschlufs der Luft einer steigenden Einwirkung der Wärme aus, so geht zwar der Zersetzungsproceß auf die eben erwähnte Art vor sich, aber es ist die Einwirkung des Sauerstoffs ausgeschlossen und man erhält die verschiedenen Produkte dieser Zersetzung theils als flüssige und gasförmige Destillationsprodukte, theils als festen Rückstand. Die flüssigen Destillationsprodukte bestehen aus Wasser, in welchem viel Essigsäure, außerdem aber Holzgeist und einige andere jener organischen Substanzen gelöst sind, die in einer darunter schwimmenden Schicht von dunkelbrauner Farbe und eigenthümlich penetrantem Geruch, einem Gemenge von wasserstoffreichen ternären Verbindungen und gelösten Kohlenwasserstoffen, gemeiniglich Theer genannt, in größerer Menge sich vorfinden. Die wässerige Flüssigkeit, roher Holzessig genannt, besitzt eine dunkle Farbe und einen dem Theer ähnlichen Geruch; sie wird zur Darstellung essigsaurer Salze verwendet. Die gasförmigen Destillationsprodukte bestehen aus Kohlenwasser-

Fig. 10.



stoffen (Grubengas und Leuchtgas), aus Kohlensäure und am Ende der Operation nur aus Kohlenoxyd. Der feste Rückstand ist Kohle, welche die Structur des zur Verkohlung angewendeten Holzes, aber im zusammengeinterten Zustande, zeigt. (Fig. 10. ist ein dem in Fig. 8. abgebildeten Querschnitt ähnlicher in verkohltem Zustande *). Ist ein Holz sehr harzreich, so findet sich neben der Kohle mit Holzstructur eine blasige, poröse, schaumige und äußerlich bisweilen etwas

*) Solche dünne Kohlenschnitte stellt man sich am bequemsten auf folgende Weise dar: man wickelt den Schnitt des Holzes in ein dünnes Platinblech, schlägt dieses 3—4mal übereinander,

glänzende Kohle, Glanzrufs genannt; sie entstand aus dem Glanzrufs. durch die trockne Destillation verkohlten Harze, welches vor seiner Zersetzung erst schmilzt und aus der geschmolzenen Masse die Gasarten entweichen läßt.

§. 37. Es ist schon früher (Abth. I. §. 101.) angeführt, Ursachen verschiedener Ausbeute an Kohle. dafs die Ausbeute an Kohle theils durch die Höhe und Dauer der Temperatur, theils durch die Methode der Verkohlung bedingt wird. Die Praxis hat gelehrt *), dafs die reichste Ausbeute an Kohle bei langsamer Steigerung der Temperatur erhalten wird und die Theorie giebt leicht die Erklärung dazu. Wenn die Hitze nämlich im Beginn der Verkohlung sehr schnell gesteigert wird, so sind die an den Wänden des Destillationsgefäfses befindlichen Holztheile schon verkohlt, während aus den in der Mitte liegenden noch nicht einmal das Wasser vollkommen entfernt ist. Trifft alsdann später der entweichende Wasserdampf die umliegende glühende Kohle, so wandelt er sich in Kohlenoxyd und Wasserstoff um. Andererseits ist es auch Thatsache, dafs, während der Sauerstoff bei langsamer Temperaturerhöhung so viel als möglich zuerst mit Wasserstoff und später erst mit Kohlenstoff sich verbindet, er bei schneller Temperatursteigerung seine Verwandtschaftskraft zum Kohlenstoff früher äufsert.

so dafs der Schnitt im innersten Umschlag liegt, biegt dann die Seitenränder des Blechs um, drückt sie fest auf einander und legt das Präparat auf den Boden eines Platintiegels, welcher über einer Lampe mit doppeltem Luftzug einige Minuten rothglühend erhalten wird.

*) Als Beispiel mögen hier einige Versuche mit lufttrocknen Hölzern angeführt werden, die folgendes Resultat gaben:

	bei rascher Verkohl.	bei langsamer Verkohl.
Junges Eichenholz	16,54 p. C.	25,6 p. C.
Altes -	15,91 -	25,71 -
Junges Erlenholz	14,45 -	25,65 -
Altes -	15,30 -	25,65 -
Junges Kiefernholz	15,52 -	26,07 -
Altes -	13,75 -	25,95 -
Junges Tannenholz	16,22 -	27,72 -

Obwohl in dem reinen vegetabilischen Faserstoff Sauerstoff und Wasserstoff gerade in dem Verhältniß, wie sie Wasser bilden können ($H^{10}O^{10}$), vorhanden sind, so zerlegt sich dennoch, selbst bei der langsamsten Steigerung der Temperatur, jene Substanz nicht so, daß aller Wasser- und Sauerstoff sich mit einander zu Wasser vereinigen und der ganze vorhandene Kohlenstoff als Kohle zurückbleibt. Es wird vielmehr, schon ehe aller Wasserstoff aus der Verbindung sich löst, die Verwandtschaftskraft des Sauerstoffs und Wasserstoffs zum Kohlenstoff thätig, daher das gleichzeitige Auftreten flüssiger Destillationsprodukte (ternärer Verbindungen) und gasförmiger (binärer Verbindungen). In dem Holze, welches wegen der im Saft enthaltenen organischen Stoffe in der Regel mehr Wasserstoff enthält als der reine vegetabilische Faserstoff, müssen daher bei der Verkohlung selbst im günstigsten Falle wasserstoffreichere Destillationsprodukte auftreten.

Eigenschaften
der
Holzkohle.

Chemische
Zusammen-
setzung.

Die braun-
schwarze
Kohle.

§. 38. Die Eigenschaften der Holzkohle sind verschieden je nach den Arten des angewandten Holzes und nach den Methoden der Verkohlung. Letztere liefern selbst bei Anwendung ein und derselben Holzart sehr verschiedene Produkte, wenn namentlich große Differenzen in den Temperaturen statt fanden. Das aber haben alle Holzkohlen mit einander gemein, daß sie, auf die verschiedenste Weise dargestellt, nie reiner Kohlenstoff sind, sondern noch Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff und feuerbeständige Salze enthalten. Die Quantität des darin enthaltenen Wasser-, Sauer- und Stickstoffs hängt von der Höhe und Dauer der Temperatur bei der Verkohlung ab. Ist die Temperatur sehr hoch gewesen und hat lange Zeit gedauert, so beträgt der Gehalt an Sauerstoff und Wasserstoff bis gegen 6 p. C. (eingerechnet die sehr geringe Menge Stickstoff). In dem Maße wie die hohe Temperatur und die Dauer derselben während der Verkohlung vermieden wird, nimmt der Gehalt an Sauer- und Wasserstoff zu (s. u. §. 42.). Wird das Erhitzen so lange angehalten, bis die mit gelber Farbe brennenden Gasarten schon seit einiger Zeit

nicht mehr bemerkbar waren, so hat die Kohle eine schwarze Farbe, ist in dünnen Stäben klingend, nicht sehr leicht entzündlich, brennt aber angezündet fort, und wird von Kalilösung fast gar nicht angegriffen. Ist der eben bemerkte Zeitpunkt bei der Verkohlung lange überschritten, so erhält man eine dichte, stark zusammengesinterte, schwarze Kohle, die schwer entzündlich ist und angezündet leicht wieder verlöscht; sie hat vergleichsweise das höchste spec. Gew. und ist ein guter Wärmeleiter. Wegen ihrer Unanwendbarkeit für die Pulverfabrikation nennt man sie todtegebrannt. Wenn dagegen Holz bei mässiger Hitze nur so lange erhalten wird, bis die mit Farbe brennenden Gase eben ausgetrieben sind, so bleibt eine röthlichbraune Kohle zurück — bei den Franzosen unter dem Namen *charbon roux* bekannt —, welche in Bezug auf ihre chemische Zusammensetzung ein nur wenig verändertes Holz genannt werden kann; sie zeigt die faserige Structur des letztern, enthält viel Sauerstoff und Wasserstoff und löst sich fast völlig in Kalilauge auf. Sie zeichnet sich durch Leichtentzündlichkeit aus, brennt mit kleiner Flamme fort und hat ein geringeres spec. Gew. als die leichteste von den vorher erwähnten schwarzen Kohlen. An feuchten Orten aufbewahrt unterliegt sie, ähnlich wie das Holz, der Fäulniss.

Die schwarze Kohle.

Die rothbraune Kohle.

Die Dichtigkeit der Kohle hängt sowohl von dem Grade des Brennens als von der Beschaffenheit des gewählten Holzes ab. Die weichen Hölzer geben Kohlen von geringerem, die harten solche von höherm spec. Gew. Wiewohl die Angaben über das spec. Gew. der Kohlen bis jetzt nicht sehr grosse Genauigkeit beanspruchen, so mögen doch hier einige als vergleichende Zahlen stehen. Es wurde gefunden das spec. Gew. von

Spec. Gew. der Kohlen.

Erlenkohle = 0,134

Birkenkohle = 0,203 (?)

Weissbuchenkohle = 0,183 (?)

Eichenkohle = 0,155

Rothbuchenkohle = 0,187

	Rothtannenkohle	= 0,176	
	Lindenkohle	= 1,06 (?)	
1 Cub.-F.	Buchenkohle (Scheitholz)	wog 8 — 9 Pfd.	
1 - - -	(Knüppel)	- 7 — 7½ -	
1 - -	Eichenscheitholz	- 7 — 8 -	
1 Cub.-F.	Nadelholz	- 5½ — 7 -	
1 - -	weicher Hölzer überhaupt	- 4½ — 5½ -	

Ein und dasselbe Holz liefert eine um so dichtere Kohle, je höher die Temperatur bei der Verkohlung gesteigert und je länger diese Temperatur erhalten wird.

Absorptions-
kraft der
Kohlen.

Die Absorptionskraft der Kohle für Gase, von welcher schon an einer andern Stelle (Abth. I. p. 61.) die Rede war, steigert sich mit der feinem Vertheilung. Kohle in Stücken absorbirt an der Luft ungefähr 8 p. C., gepulvert ungefähr 15 p. C. ihres Gewichts. Damit durch die bei der Absorption frei werdende Wärme eine Entzündung der Kohle statt finden könne, scheinen folgende Bedingungen erforderlich zu sein: eine Menge von mindestens 30 Pfund frisch gebrannter oder 60 Pfund alter Kohle und ungehinderter Zutritt der Luft. Die Entzündung geschieht wenige Zoll unter der Oberfläche nach 11—12 Stunden. Schwarze Kohle übertrifft an Absorptionskraft die braunrothe, und bei übrigens gleicher Darstellungsweise die Kohle der harten Hölzer die der weichen.

Folgerungen
für die
Bereitung
der Schiefs-
pulverkohle.

§. 39. Betrachtet man nun die Anforderungen, welche man an eine für die Pulverfabrikation am besten taugliche Kohle zu stellen hat, so ergibt sich aus den in den vorigen Paragraphen angeführten Thatfachen und Erörterungen von selbst die beste Bereitungsweise einer solchen Kohle.

Grad der
Verkohlung.

1. Die größtmögliche Reinheit der Kohle, d. h. Entfernung von Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff bis auf geringe Mengen und das größte spec. Gew. (s. §. 28, 1. 4 und 5.), läßt sich bei Anwendung desselben Holzes durch eine sehr hohe Temperatur und lange Dauer derselben während der Verkohlung erreichen, eine große Dichtigkeit außerdem durch Wahl eines harten Holzes. Aber die auf solche Weise erhaltene Kohle ist schwer entzündlich und erfordert

zu ihrer Verarbeitung (Zerkleinerung) mehr Zeit und Kraft. Die Praxis hat sich daher für die Wahl eines weichen Holzes entschieden, und in Bezug auf die Verkohlungsstufe für die Darstellung einer schwarzen Kohle, welche von dem angewandten lufttrocknen Holze ungefähr 25—26 Gewichtsprocente beträgt. In manchen Ländern bereitet man die braunrothe Kohle, von welcher man ein sehr schnell entzündliches Schießpulver erhält; in Preussen aber ist diese Kohle verworfen eben wegen der zu plötzlichen Gasentwicklung des daraus gewonnenen Pulvers und der schädlichen Einwirkung auf die Geschütze (s. §. 28, 3.).

braunrothe
Kohle.

2. Um die in den Pflanzen enthaltenen feuerbeständigen Salze, welche in der Kohle zurückbleiben, möglichst zu vermindern, schneidet man das zu verkohlende Holz in der günstigsten Periode, und entfernt diejenigen Theile, in welchen sich die Salze am meisten anhäufen (s. §. 31.). Man hat auch jene Verminderung der Salze durch andere Mittel zu erreichen versucht, z. B. dadurch, dafs man 10—12 Jahre lang das geschnittene Holz der Witterung ungeschützt aussetzt, oder dafs es längere Zeit in einen Fluß gelegt, oder endlich, dafs es in geschlossenen Räumen mit Wasserdampf behandelt — gedämpft — wird. Indessen mag der dadurch erlangte Vorthail sehr zweideutig sein, denn jetzt macht man nur von der ersten dieser Methoden noch in England Gebrauch. Am zweckmäfsigsten und wenig kostspielig würde wohl das Dämpfen sein, namentlich wenn damit zugleich die Verkohlung des Holzes durch Wasserdampf verbunden ist, wie in der Fabrik Wetteren in Belgien.

Verminderung
der Salze.

3. Da nur der vegetabilische Faserstoff eine für die Schießpulverbereitung taugliche Kohle liefert, so wählt man, wo es angeht, denselben im reinsten Zustande, und als solcher findet er sich im Papier (ungeleimt) und der Leinwand, nächstdem aber in einigen Pflanzen, die eine vorzüglich ausgebildete Bastfaser besitzen, wie Hanf, Flachs (vor dem Verkohlen geröstet). Von Bäumen wählt man Theile mit völlig ausgebildetem Holze, nicht zu jung, aber auch

Methoden
der
Verkohlung
Wahl des
Holzes.

nicht zu alt und deren Mark nicht zu stark ist. Es werden mehrjährige Zweige genommen, deren Durchmesser ungefähr $1\frac{1}{2}$ —3 Zoll beträgt; man pflegt aber dann die 3 Zoll starken vor der Verkohlung erst zu spalten. In Preussen verkohlt man vorzugsweise Faulbaumholz (*Prunus Padus*), in Italien nur Hanf; in Spanien Flachs, Hanf, Weinreben, Weiden, Oleander und *Taxus*; in Frankreich und Belgien fast ausschliesslich Faulbaumholz, aber auch Holz der Pappel, Weide, Erle, Linde, echten und Rostkastanie; in England schwarze Korneliuskirsche und Erle; in Schweden Erlenholz; in Oesterreich Hundsbeer, auch Hasel- oder Erlenholz. Ausgeschlossen sind bisher alle Gräser, weil sie in ihrer Oberhaut eine grosse Menge Kieselerde enthalten und überhaupt zu reich an Salzen sind, und die Nadelhölzer, weil sie viel Glanzruß (s. §. 36.) geben. Dafs die Schädlichkeit beigemengten Glanzrusses aber auf einem Vorurtheile beruhe, haben Versuche in der Pulverfabrik zu Spandau gezeigt. Ein Pulver, zu dessen Bestandtheilen statt der gewöhnlich üblichen Kohle lauter mit Glanzruß behaftete Kohlenstücke angewendet wurden, hatte eben so gute Eigenschaften als das beste nach der gewöhnlichen Vorschrift dargestellte und gab beim Probiren noch bessere Resultate in der Wurfweite. Die in der Natur vorkommenden Kohlenarten: Anthrazit, Graphit, Steinkohle, Braunkohle und die daraus durch trockne Destillation erhaltenen Produkte, sind wegen ihrer Dichtigkeit unanwendbar.

Methoden
der
Verkohlung.

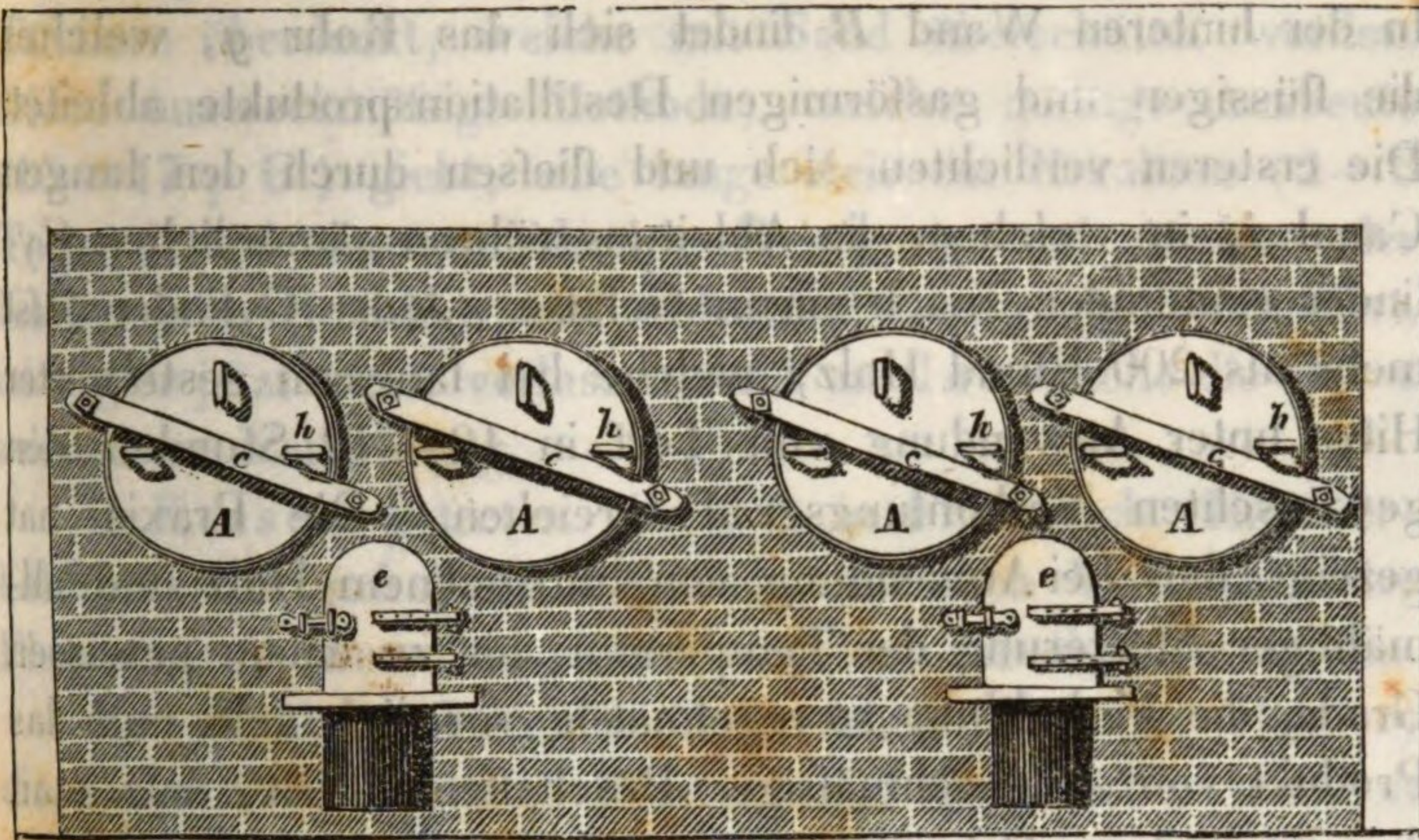
§. 40. Die Bereitungsweise der zu Schießpulver bestimmten Kohle ist noch jetzt verschieden. Im Allgemeinen scheint man jener Art der Verkohlung den Vorzug zu geben, welche eine genaue Einsicht in den Verlauf des Processes und eine Regulirung desselben gestattet; nämlich der Verkohlung in eisernen Oefen.

In Preussen.

In Preussen verfährt man bei der Bereitung der Schießpulverkohle auf folgende Weise: Die entrindeten Zweige ziemlich gleicher Dicke und nicht zu verschiedenen Alters, welche lufttrocken sind und in diesem Zustande 14—15 p. C.

Wasser enthalten, werden in Oefen der Verkohlung unterworfen. Zur Beurtheilung des Ganges der Verkohlung werden in jedem Cylinder einige Drahtkörbe neben- und

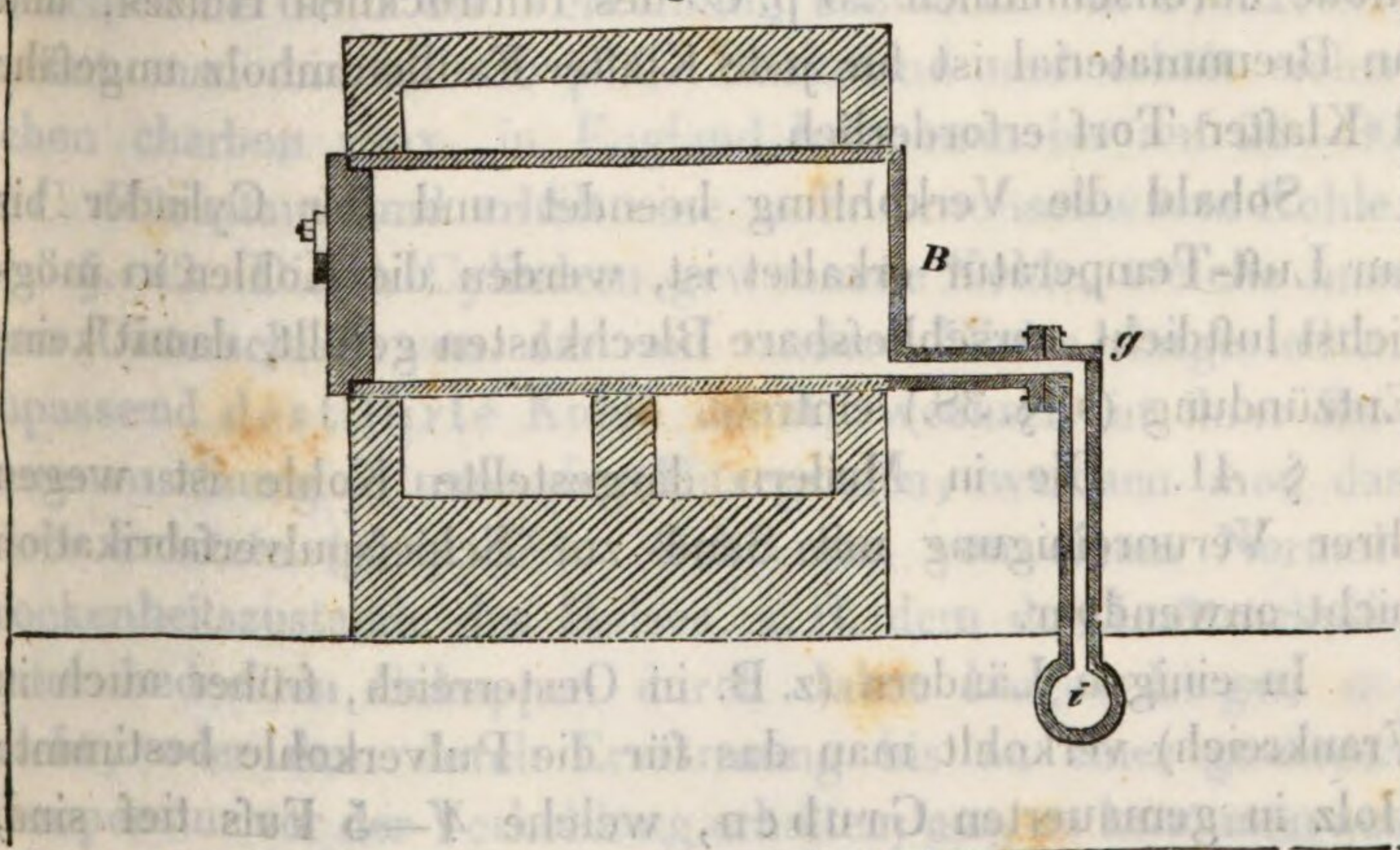
Fig. 11.



Vordere
Ansicht des
Verkohlungs-
ofens.

übereinander in den Ofen eingesetzt, welche mit Zweigen von gleicher Dicke und möglichst gleicher Trockenheit gefüllt sind. Der Ofen besteht aus einer Reihe gusseiserner horizontal liegender Cylinderchen, von denen je zwei über einer Feuerung liegen. An drei Stellen liegen die Cylinder auf dem Mauerwerk auf (s. Fig. 12.) und werden in spiral-

Fig. 12.



Längendurch-
schnitt eines
Verkohlungs-
cylinders.

förmig gemauerten Zügen von der Flamme umspült. Die vordere Oeffnung der Cylinder wird durch die mit Handhaben *h* versehenen Deckel *A* geschlossen und nach dem Erhitzen des Holzes durch die Spreitzen *c* fest angedrückt. In der hinteren Wand *B* findet sich das Rohr *g*, welches die flüssigen und gasförmigen Destillationsprodukte ableitet. Die ersteren verdichten sich und fließen durch den langen Canal *i*, in welchem die Ableitungsröhren sämtlicher Cylinder einmünden, nach einem Gefäße. Jeder Cylinder faßt mehr als 200 Pfund Holz, welche bei langsam gesteigerter Hitze unter Anwendung von Torf in 10—12 Stunden den gewünschten Verkohlungsgrad erreichen. Die Praxis hat gezeigt, daß bei Anwendung von lufttrocknem Holz und allmählicher Steigerung der Temperatur, bis zu einem gewissen Grade, die Verkohlung so regelmäfsig vor sich geht und das Produkt von so gleichmäfsiger Beschaffenheit ist, daß man die an andern Orten in einem der Cylinderdeckel angebrachten Oeffnungen für die mit zu erhitzenden Proberuthen ganz weggelassen hat. Zur sichern Beurtheilung über die Beendigung der Operation dient nur das Verhalten der Gase, welche man aus einer in der hintern Wand des Cylinders angebrachten, mit Hahn verschließbaren Röhre ausströmen läßt.

Die Ausbeute an Kohle beträgt bei der erwähnten Methode durchschnittlich 25 p. C. des lufttrocknen Holzes, und an Brennmaterial ist für jede Klafter Faulbaumholz ungefähr 1 Klafter Torf erforderlich.

Sobald die Verkohlung beendet und der Cylinder bis zur Luft-Temperatur erkaltet ist, werden die Kohlen in möglichst luftdicht verschließbare Blechkasten gefüllt, damit keine Entzündung (s. §. 38.) eintrete.

Andere
Verkohlungsmethoden.

§. 41. Die in Meilern dargestellte Kohle ist wegen ihrer Verunreinigung mit Sand zur Schießpulverfabrikation nicht anwendbar.

In Gruben.

In einigen Ländern (z. B. in Oesterreich, früher auch in Frankreich) verkohlt man das für die Pulverkohle bestimmte Holz in gemauerten Gruben, welche 4—5 Fufs tief sind,

einen Umfang von 10—12 Fufs haben, und ungefähr zur Verkohlung von 20 Centnern Holz ausreichen, die in 2 Portionen nach einander eingetragen werden. Nach Verlöschen der Flamme wird der Rückstand der Verbrennung mit nassen Tüchern überdeckt, welche mit Sand überschüttet werden. Diese unzweckmässige Methode, welche geringe Ausbeute (16—17 p. C.) giebt, eine lange Zeit des Erkaltes (2—3 Tage), und eine nachherige Reinigung und Auslese der Kohlen von Brandern und erdigen Beimengungen erfordert, ist daher jetzt meist verlassen, und an deren Stelle die etwas reinlichere Verkohlung

in Kesseln getreten. So z. B. in Frankreich. Hier ver- In Kesseln.
kohlt man in gusseisernen Kesseln, die nach Verlöschen der
Flammen mit einem Deckel aus Eisenblech verschlossen werden.

Seit 1842 wird in der Pulverfabrik Wetteren (Belgien)
die Pulverkohle mittelst Wasserdampf dargestellt, welchen Mittelst erhitz-
ten Wasser-
dampfs.
man aus dem Kessel durch ein System von stark erhitzten
Röhren in die geschlossenen Behälter leitet, worin sich das zu
verkohlende Holz befindet. Man erzeugt auf diese Weise die
braunrothe sehr entzündliche Kohle, welche bis zu 40 p. C.
vom Gewicht des lufttrocknen Holzes betragen kann.

In einigen Fabriken Frankreichs (z. B. le Bouchet), in
England und theilweise in Schweden wird in Cylindern der
verschiedene Grad der Verkohlung bezweckt. In Frankreich
brennt man bis auf 35 p. C. Rückstand und erhält sicher
schon charbon roux, in England heizt man bis auf 28—30
p. C. Rückstand und erhält eine mehr braunschwarze Kohle.

§. 42. Die in Cylindern gewonnene Kohle, welche man
zum Unterschied von der auf andere Weise dargestellten Zusammen-
setzung der
Kohlenarten.
unpassend destillirte Kohle nennt, wechselt in ihrer Zu-
sammensetzung je nach den Hitzegraden, welchen man das
Holz ausetzte (s. §. 37.). Geht man von einem Normal-
trockenheitszustande des Holzes, z. B. dem der Lufttrockniss,
unter bedeckten Schuppen durch Jahre langes Liegen er-
reicht, oder dem durch Erwärmung bis zu einer gewissen
Temperatur vor der Verkohlung erhalten, aus, so kann man aus

dem verschiedenen procentigen Rückstand nach der Verkohlung auf die Zusammensetzung der Kohle schliessen. In den preussischen Fabriken ist in der That, da die zweckmässigste Methode der Verkohlung einmal durch Versuche festgestellt und leicht zu leiten ist, die procentige Ausbeute aus lufttrocknem Holze der Ausdruck für die mit den gewünschten Eigenschaften für die Pulverfabrikation versehene Kohle. Wenn man die Kohlen von Holz einer gewissen Normal-trockenheit untersucht, so findet man z. B. von einigen folgende Zusammensetzung für

	25 p. C. ige	26 p. C.	27 p. C.	28 p. C.	29 p. C.	34 p. C.
Kohlenstoff	89,73	87,847	85,392	81,341	81,155	79,939
Wasserstoff	2,79	3,059	3,113	2,9	2,889	3,495
Sauerstoff (u. ein wenig Stickst.)	3,922	5,354	7,774	9,947	11,092	10,742

und nach Abzug der feuerbeständigen Salze ergibt sich für diese Kohlen folgender p. C.iger Gehalt an Kohlenstoff:

25 p. C. ige	26 p. C. ige	27 p. C. ige	28 p. C. ige	29 p. C. ige	34 p. C. ige
93,04	91,26	88,7	86,36	85,3	84,88

Die braunrothe Kohle, welche meistens nach der obigen Ausdrucksweise eine 35—40 p. C.ige Kohle ist, enthält zwischen 70 und 72 p. C. Kohlenstoff und proportional vermehren sich die Quantitäten von Wasser- und Sauerstoff. Man hat auf Rechnung dieser letzteren nicht selten die explosionsartige Wirkung eines aus braunrother Kohle dargestellten Schießpulvers gesetzt. Wahrscheinlicher aber hat jene schädliche Einwirkung ihren Grund nicht sowohl in einer Mehrentwicklung von Gasen (freier Sauer- und Wasserstoff), sondern in der Leichtentzündlichkeit eines solchen Pulvers, und diese beruht entweder auf der Leichtentzündlichkeit der Kohle oder auf der zu weit getriebenen Zerkleinerung und innigen Mengung der Pulverbestandtheile, oder auf beiden zugleich.

Analytische
Methode zur
Untersuchung
der Kohle.

§. 43. Der wichtigste Bestandtheil der Kohle ist der Kohlenstoff, denn bei der Zersetzung des Schießpulvers spielen weder Sauerstoff noch Wasserstoff und noch weniger die beigemengten Salze eine wesentliche Rolle. Bei der chemischen Untersuchung einer Kohle ist, wie aus der nach-

herigen Auseinandersetzung einleuchten wird, die quantitative Ermittlung des Kohlenstoffgehalts so eng an die des Wasserstoffgehalts gebunden, daß man diese beiden Bestandtheile ohne größere Mühe gleichzeitig bestimmt. Den Stickstoffgehalt muß man auf eine besondere Weise ermitteln und den Sauerstoffgehalt erfährt man nur aus dem Verlust. Da nun in der Kohle noch stets unverbrennliche Salze vorhanden sind, so leuchtet ein, daß, um alle Bestandtheile ihrer Menge nach zu erfahren, mindestens drei Untersuchungen von jeder Kohle anzustellen sind: eine zur Ermittlung des Kohlen- und Wasserstoffs, eine zur Ermittlung der Salze, und eine zur Ermittlung des Stickstoffs. Der Gehalt des letztern ist aber meist so gering (einige Hundertel, höchstens Zehntel eines Procentes), daß man ihn für unsere Zwecke vollkommen vernachlässigen kann, daher ist seine Menge in dem aus dem Verlust bestimmten Gewicht des Sauerstoffs bei den Zahlenangaben im vorigen §. mit enthalten. Die Analyse ist alsdann viel einfacher und besteht für jede Kohlenart:

- 1) in der Ermittlung des Kohlen- und Wasserstoff-Gehalts,
- 2) in der Bestimmung der beigemengten Salze.

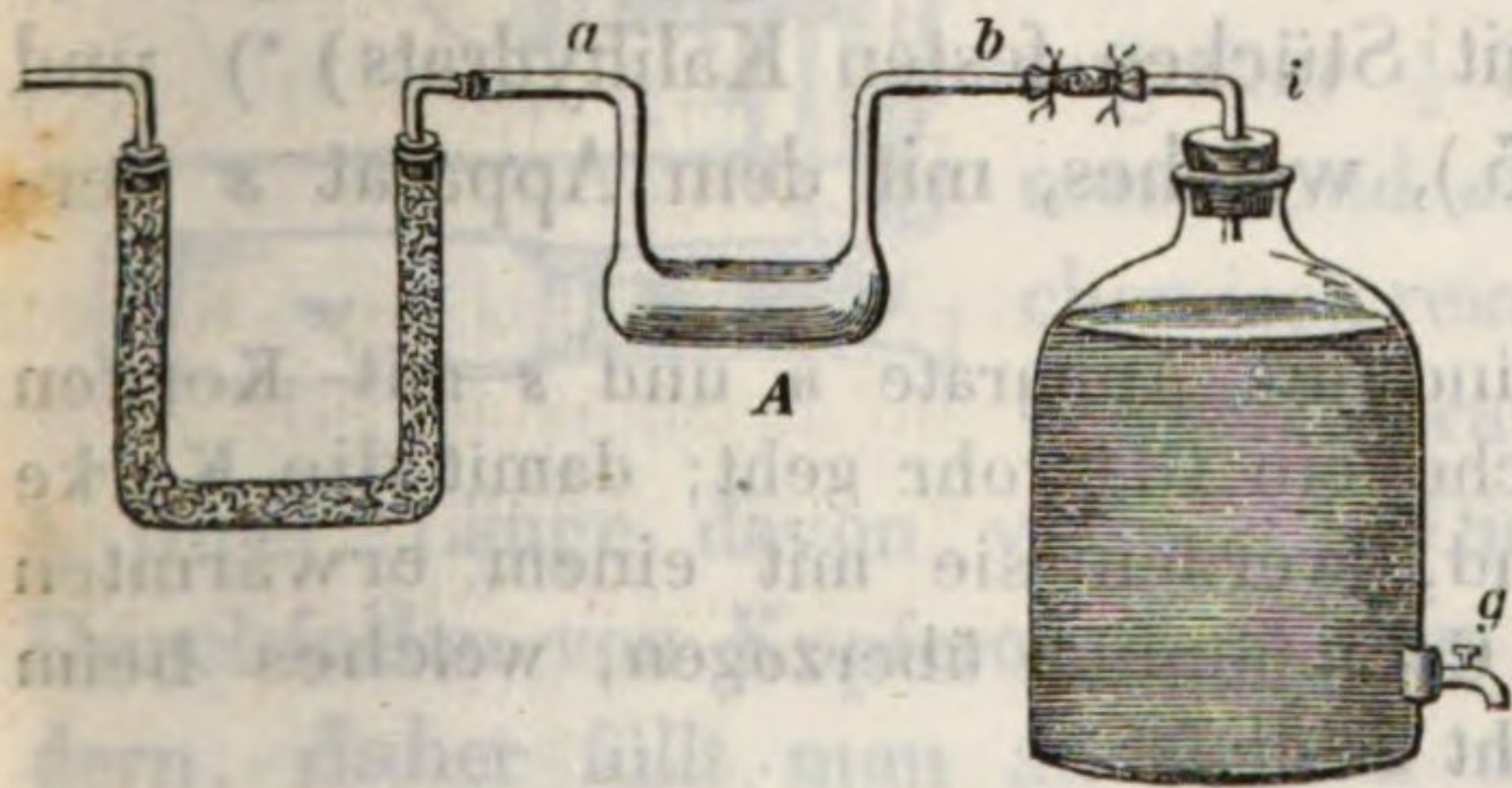
§. 44. Bevor die Bestandtheile der Kohle ermittelt werden, ist eine völlige Entfernung des in den Poren der Kohle reichlich enthaltenen Wassers nothwendig. Zu diesem Behufe werden 4—5 Grmm. der gepulverten Kohle so lange bei ungefähr 120° — 150° C. erwärmt, bis bei dieser Temperatur kein Wasserverlust mehr statt findet. Man bedient sich dazu folgenden Apparats: eines Glasrohrs *A* von ungefähr 1 Zoll Durchmesser, an welches zwei dünnere auf die in der Zeich-

Entfernung
des
hygroskopischen
Wassers der
Kohle.

Der
Trocknen-
apparat.

Fig. 13. nung angegebene Weise angeschmolzen sind. Das weitere von beiden *a*, durch welches sich die Kohlen, pulverisirt oder in gröbern Stücken, bequem einfüllen lassen, wird mit einem Chlor-

Der
Aspirator.



calciumrohr, das andere *b* mit einer Handluftpumpe *r* (s. Fig. 16.) in Verbindung gesetzt, um während des Erwärmens fortdauernd trockne Luft durch den Apparat zu saugen. Statt der Handluftpumpe kann man sich eines einfachen Aspirators bedienen, der aus einer etwa 4 Quart Wasser fassenden Flasche besteht (Fig. 13.); die eine Wand dieser Flasche ist nahe am Boden durchbohrt und durch diese Oeffnung wird ein durchbohrter Kork mit einem Hahne *g* gesteckt; im Hals der Flasche schließt der Kork *i* luftdicht, und das durch den letzteren gepresste rechtwinklig gebogene Rohr *c* wird mit dem Rohr *b* des Apparats verbunden. Bei Oeffnung des Hahnes *g* fließt Wasser aus und es wird Luft durch den Apparat gezogen. Das Trocknen ist beendet, wenn in dem Rohre *b* sich kein Wasserbeschlag mehr zeigt.

Die Oeffnungen der beiden Röhren *a* und *b* sind während des Wägens, vor wie nach dem Trocknen, mit Korken verschlossen. Ist das Kohlenpulver getrocknet, so wird es unmittelbar aus dem Trocknenapparat in die Verbrennungsröhre eingefüllt und zwar aus der Röhre *a*, welche, so weit es geht, in die Verbrennungsröhre eingeführt wird. Der Trocknenapparat wird nach dem Ausfüllen wieder gewogen, der Gewichtsverlust ist die zur Analyse verwendete Menge Kohle.

Der Ver-
brennungs-
apparat.

§. 45. Der Apparat, in welchem die Kohle zerlegt wird, ist folgendermaßen zusammengesetzt: er besteht aus dem Verbrennungsrohr *a* (Fig. 14.), welches aus hartem Glase geblasen und an einem Ende schiefwinklig auf- und ebenso abwärts gebogen sein muß, aus dem Chlorcalciumrohr *n*, dem Kali-Apparat *o* (mit einer Auflösung von Kalihydrat), dem Kali-Apparat *s* (mit Stücken festen Kalihydrats) *) und dem Glasrohr *c* (Fig. 15.), welches, mit dem Apparat *s* ver-

*) An einem Ende sind die Apparate *n* und *s* mit Korken verschlossen, durch welche ein Glasrohr geht; damit die Korke luftdicht verschlossen sind, werden sie mit einem erwärmten Gemisch aus Wachs und Colophonium überzogen, welches beim Erkalten erhärtet und dicht schließt.

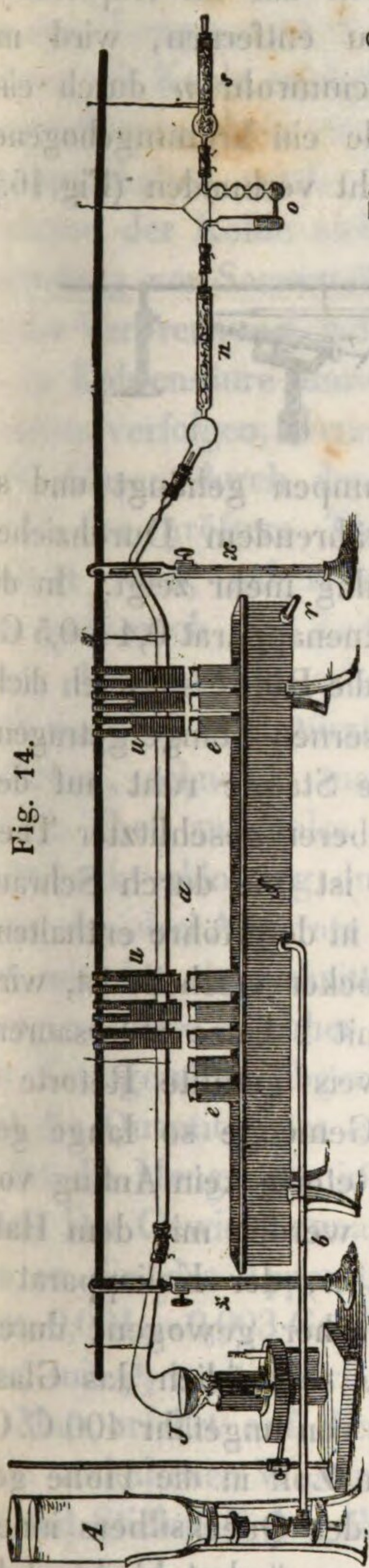


Fig. 14.



Fig. 15.

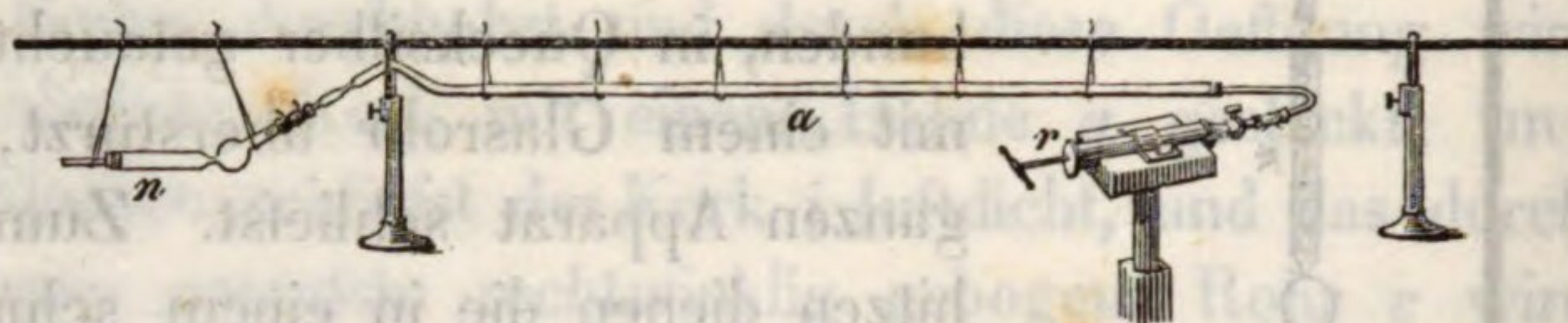
bunden, in Quecksilber getaucht und mit einem Glasrohr überstürzt, den ganzen Apparat schließt. Zum Erhitzen dienen die in einem schmalen Blechgefäß *f* aufgestellten mit Blechhülsen *c* umschlossenen Dochte (Fig. 14.), denen durch das Rohr *b* aus der Flasche *A* Weingeist zugeführt wird. Der Stand des Weingeists im Gefäß *f* kann beliebig durch die Stellung des im Halse der Flasche mittelst eines durchbohrten Korks befestigten Glasrohrs geregelt werden. Die Schornsteine *u* reguliren den Luftzug. Das kleine Rohr *r*, welches während des Gebrauchs des Apparats verkorkt ist, dient zur Entfernung des überschüssigen Weingeists nach vollendeter Operation.

Die Analyse der Kohle wird so ausgeführt: in das Verbrennungsrohr *a* schiebt man bis an die gebogene Stelle feine Kupferdrehspäne, die ungefähr $\frac{1}{2}$ Zoll breit Raum einnehmen, und alsdann füllt man so viel chemisch reines Kupferoxyd (s. Abth. I. §. 615.) darauf, daß die Röhre bis zu $\frac{5}{6}$ ihrer Länge davon voll ist. Die Drehspäne sollen das Durchfallen von Kupferoxyd in den Hals der Röhre verhindern, daher füllt man auch gern unmittelbar auf dieselben

Die Ausführung der Verbrennung.

erst gröbere Stücke Kupferoxyd. Um das im Kupferoxyd enthaltene hygroskopische Wasser zu entfernen, wird mit der Verbrennungsröhre das Chlorcalciumrohr *n* durch eine Kautschuckröhre und am andern Ende ein krummgebogenes Glasrohr mit der Luftpumpe *r* luftdicht verbunden (Fig. 16.);

Fig. 16.



Quantität der
zu unter-
suchenden
Kohle.

Sauerstoff-
strom
während der
Verbrennung.

Probe auf
luftdichten
Verschluss.

das Rohr wird alsdann über die Lampen gehängt und so lange stark geglüht, bis bei fortwährendem Durchziehen trockner Luft sich kein Wasserbeschlag mehr zeigt. In die erkaltete Röhre werden aus dem Trocknenapparat 0,4—0,5 Gr. der getrockneten Kohle eingeschüttet, die Röhre sogleich dicht verkorkt und in 3 oder 4 von einer eisernen Stange getragene Drahtschlingen eingelegt. Die eiserne Stange ruht auf den Messingständern *x* (Fig. 14.), deren oberer geschlitzter Theil in dem untern auf und ab beweglich ist und durch Schrauben fest gestellt wird. Nachdem das in der Röhre enthaltene Kupferoxyd durch gelindes Klopfen locker vertheilt ist, wird mit dem einen Ende der Röhre die mit 1 Unze chlorsaurem Kali und $\frac{1}{8}$ Unze Kupferoxyd theilweis gefüllte Retorte *J* verbunden, in welcher zuvor das Gemenge so lange geschmolzen wurde, bis im Halse der Retorte kein Anflug von Wasser mehr bemerkbar war. Dann werden mit dem Hals der Röhre *a* der Chlorcalciumapparat *n*, der Kaliapparat *o* und der Kaliapparat *s*, sämmtlich vorher gewogen, durch Kautschuckröhren befestigt und mit *s* schliesslich das Glasrohr *c* mit einem übergestürzten Rohr von ungefähr 400 C. C. Inhalt. Letzteres wird sodann mehre Zoll in die Höhe gehoben, um zu sehen, ob der Stand des Quecksilbers innen im Rohre über dem äussern Niveau unverändert bleibt, d. h. ob alle Kautschuckverschlüsse luftdicht sind. Die Verbrennung beginnt mit dem Erwärmen des Rohres an der Stelle, wo die Kupferdrehspäne liegen und wird langsam bis zum

Orte des Kupferoxyds fortgesetzt, wo die Kohle liegt, indem man eine Lampe *e* nach der andern in *f* einstellt. Ehe das Erhitzen der Kohle erfolgt, wird aus der Retorte *J* ein Strom Sauerstoff entwickelt, der bis zu Ende der Verbrennung langsam forterhalten wird. Das Kupferoxyd allein würde die Oxydation der Kohle nicht ausreichend bewirken, daher die Anwendung von Sauerstoff; es dient aber überdies zur Sicherheit der Verbrennung, indem es etwa gebildetes Kohlenoxydgas in Kohlensäure umwandelt. Man kann den Gang der Operation verfolgen, wenn man die Schnelligkeit, mit welcher die Gasblasen durch den Apparat *o* aufsteigen, beobachtet. Sobald der grössere Theil des Gases in *o* nicht mehr absorbirt wird, nähert sich die Verbrennung ihrem Ende, dann muß noch eine Zeit lang der Sauerstoffstrom durch den ganzen Apparat fort erhalten werden (etwa 5—6mal den Inhalt der über *c* gestürzten Röhre) *) und zuletzt, wenn dies geschehen, schneidet man durch einen Feilstrich den eingezogenen Theil am Halse der Verbrennungsröhre oberhalb der Kautschuckverbindung durch und bestimmt die Gewichtszunahme der drei Apparate *n*, *o* und *s*. Das Chlorcalciumrohr wird mit der abgeschnittenen Spitze der Verbrennungsröhre gewogen, diese nachher getrocknet, für sich gewogen und vom Totalgewicht abgezogen. Der Rest dieser Rechnung giebt die Quantität des erhaltenen Wassers — und durch 9 dividirt die Menge des in der Kohle enthaltenen Wasserstoffs — an. Die Gewichtszunahme des Apparats *o* ist Kohlensäure, eben so die des Apparats *s*, welche letztere in der Regel kaum 0,001—0,003 Gr. beträgt. Das Gewicht der Kohlensäure, mit $\frac{3}{11}$ multiplicirt, giebt den Kohlenstoff der Kohle an.

Man erfährt auf diese Weise die Menge des in einer Kohle enthaltenen Wasserstoffs und Kohlenstoffs; der Sauerstoff und Stickstoff derselben entweichen mit dem überschüs-

*) Wenn diese mit Gas gefüllt ist, wird das Kautschuckrohr, welches *c* mit *s* verbindet, gelöst und *c* herausgezogen. Beim Niederdrücken der Glasröhre in das Quecksilber entweicht aus *c* das Gas und man verbindet von Neuem *c* und *s* mit einander.

sigen Sauerstoff, welcher aus der Retorte entwickelt wurde. Mittelst dieser Methode sind die in §. 42. angeführten Zahlen für die fraglichen Elemente erhalten.

Bestimmung
des
Salzgehalts
der Kohle.

§. 46. Die Oxydation der in der Kohle enthaltenen verbrennlichen Bestandtheile muß sehr vorsichtig geschehen, damit nicht von den feuerbeständigen Salzen etwas verloren gehe. Man bewerkstelligt sie nur sehr langsam durch Glühen der Kohle in einem unbedeckten Platintiegel, schneller durch Erhitzen der Kohle in einem Strom von Sauerstoffgas. Das letztere geschieht in einem Glasrohr von ungefähr 1 Zoll Durchmesser, welches mit einem Sauerstoff enthaltenden Gasbehälter oder mit einer Retorte, aus der man Sauerstoff entwickelt, verbunden wird. Die zu untersuchende Kohle schiebt man in einem Platinschiffchen oder in einem nachenförmig gebogenen Platinblech in die Röhre ein. Platingeräthschaften können aber nicht bei Kohle angewendet werden, welche in Pulverfabriken durch Bronzekugeln zerkleint ist (s. u. §. 55.).

Am zweckmässigsten verfährt man auf folgende Weise: die aus dem Trocknenapparat (§. 44.) in einen Porzellantiegel eingewogene Kohle (ungefähr 1—1,5 Grmm.) wird mit ihrem 5—6fachen Gewicht Platinschwamm innig vermengt, was mittelst eines Platindrahts geschieht, und das Gemenge über einer Lampe mit doppeltem Luftzug der stärksten Hitze ausgesetzt. Den Tiegel stellt man ein wenig schief und rührt während des Glühens das Gemenge von Zeit zu Zeit mit einem Platindraht um. Man kann auch mitunter durch sehr vorsichtiges Blasen die Flamme nach dem Tiegel hingleiten und beschleunigt die Oxydation auf diese Weise. Nach vollendeter Verbrennung wird der Tiegel mit Inhalt noch heiß unter eine Glasglocke über ein Gefäß mit concentrirter Schwefelsäure gestellt, hier bedeckt erkalten gelassen und dann sogleich gewogen. 1 Grmm. Kohle bedarf bei dieser Methode ungefähr $\frac{1}{2}$ — $\frac{3}{4}$ Stunde zur Verbrennung. Es leuchtet von selbst ein, daß der anzuwendende Platinschwamm genau gewogen werden muß, denn er wird zu-

gleich mit der Asche der Kohle wieder gewogen. Zu diesem Behuf wird er vor der Anwendung ausgeglüht und auf die oben bezeichnete Weise über Schwefelsäure erkalten gelassen. Um denselben Platinschwamm immer wieder gebrauchen zu können, wird er nach jeder Anwendung mit Wasser und dann mit Salzsäure ausgewaschen und geglüht.

3. Schwefel.

§. 47. Der zur Pulverfabrikation in den preussischen Fabriken angewendete Schwefel ist Stangenschwefel aus Marseille, welcher daselbst aus sicilianischem Schwefel durch Destillation (s. Abth. I. §. 48.) gereinigt wird. Er ist frei von den chemisch schädlichen Beimengungen, Arsen und Selen, und enthält nur geringe mechanische Verunreinigungen, welche theils von den Wänden der Destillationsräume, theils von der Verpackung herrühren. Man befreit ihn davon durch Umschmelzen, was in glasirten eisernen Geräthen geschieht, Abschäumen, und Abschlagen der untersten Kruste nach dem Erstarren. Man läßt den geschmolzenen Schwefel langsam erkalten, wodurch er im Innern krystallinisch wird und dann bei der spätern Zerkleinerung weniger Hindernisse darbietet. Der so behandelte Schwefel wird zunächst in hölzernen Gefäßen mit hölzernen Hämmern zerkleinert und dann auf die später zu erwähnende Weise, wie die übrigen Materialien, in Trommeln fein gepulvert. Er ist fast chemisch rein zu nennen.

Zur Pulverfabrikation wird destillirter Stangenschwefel angewendet.

Umschmelzen desselben.

§. 48. Obwohl fein vertheilter Schwefel, wie ihn die Pulverbereitung erfordert, ein Handelsartikel ist, so sind doch die beiden Arten desselben, Schwefelblumen und Schwefelmilch (s. Abth. I. p. 37.), nicht anwendbar. Die ersteren enthalten stets schweflige Säure und Schwefelsäure, die letztere hinterläßt häufig beim Verbrennen einen feuerbeständigen Rückstand. Beide Uebelstände lassen sich zwar beseitigen durch gehöriges Auswaschen der Präparate. Aber der Kostenpunkt entscheidet alsdann stets zu Gunsten des

Nichtanwendbarkeit der Schwefelblumen und Schwefelmilch.

destillirten Schwefels, selbst wenn die Zerkleinerung des letzteren mit eingerechnet wird. Denn schon der Verlust bei der Darstellung der Schwefelblumen, die doch immer wohlfeiler als Schwefelmilch sind, ist weit gröfser als der Verlust bei der Destillation. Ueberdies ist es eine Erfahrung, dafs in wohl ausgewaschenen Schwefelblumen, wenn sie längere Zeit feucht aufbewahrt werden, die Säure sich wieder von Neuem bildet.

Chemische
Untersuchung
des
Schwefels.

§. 49. So lange Schwefel zur Pulverbereitung angewendet wird, welcher nicht aus abdestillirten Schwefelverbindungen gewonnen wurde, ist die Untersuchung auf seine Reinheit einfach. Man erhitzt eine gewogene Menge davon in einer Porzellanschale, bis aller Schwefel verbrannt ist, und wägt den etwa gebliebenen Rückstand. Der natürliche Schwefel enthält in der Regel keine andern Verunreinigungen als Sand, Thon, überhaupt erdige Substanzen, die bei dem Verbrennen desselben sich nicht verflüchtigen und eine sehr unbedeutende Menge betragen, namentlich wenn der Schwefel durch Destillation gereinigt war. Bei dem jetzigen billigen Preise des Schwefels kommt es wohl nicht mehr vor, dafs Schwefel betrüglicher Weise mit Harz, namentlich mit Colophonium, oder mit Asphalt vermischt ist. Diese Verfälschung, wenn sie nur einigermaßen bedeutend ist, erkennt man theils an dem erniedrigten Schmelzpunkt, theils an der dunkleren bräunlichen Farbe des Schwefels, theils an den öligen Destillationsprodukten mit dem eigenthümlichen Geruch, welche im Anfang der Destillation eines solchen Schwefels übergehen und an dem kohligen Rückstand in der Retorte. Quantitativ würde sich das Harz ermitteln lassen, wenn man den fein gepulverten Schwefel mit Alkohol von 0,83 spec. Gewicht auskochte und das Filtrat in einer gewogenen Schale verdampfte. Asphalt aber löst sich nur theilweise in Alkohol.

Will man Schwefel, der aus Kiesen gewonnen ist (Abth. I. §. 47.), zur Pulverfabrikation anwenden, so mufs er auf feuerbeständige und flüchtige Beimengungen geprüft

werden. Die erstern können aus erdigen Substanzen und Schwefelmetallen bestehen; man ermittelt ihre Menge auf dieselbe Weise wie beim natürlichen Schwefel. Die flüchtigen sind meistens Schwefelarsenik, bisweilen auch Selen. Ihrer quantitativen Bestimmung wird man wohl immer überhoben sein bei einem zur Pulverbereitung bestimmten Schwefel; denn wenn die qualitative Untersuchung (Abth. I. §. 50. und 799.) schon im Voraus nachweist, daß nur geringe Spuren jener Substanzen vorhanden sind, so ist bei sonstiger Güte des Schwefels die quantitative Ermittlung überflüssig; verräth aber die qualitative Analyse nicht unbedeutende Mengen der Verunreinigungen, so wird man wohl überhaupt einen solchen Schwefel für den fraglichen Zweck nicht verwenden.

Ein selbst mit viel Schwefelarsenik verunreinigter Schwefel ist aber wohl noch anwendbar zu Feuerwerkssätzen, namentlich zu solchen, von welchen jenes Schwefelmetall einen wesentlichen Theil der Zusammensetzung ausmacht. Man ermittelt die Menge des Schwefelarseniks auf folgende Weise: der Schwefel wird in Schwefelmilch verwandelt und mit Ammoniakflüssigkeit eine Zeit lang erwärmt, die Flüssigkeit durch Filtration getrennt und im Wasserbade zur Trockne gedampft. Den Rückstand hiervon erwärmt man schwach in einem kleinen Glaskolben mit Salzsäure und etwas chlorsaurem Kali, wodurch das Arsen in Arsensäure umgewandelt wird, und diese Lösung wird mit Ammoniak übersättigt und dann mit einer salmiakhaltigen Auflösung von schwefelsaurer Magnesia versetzt. Die dabei niedergefallene arsensaure Ammoniak-Magnesia $[(\text{Mg}^2\text{NH}^3\text{H}) \ddot{\text{A}}\text{s} + 12 \text{H}]$ wird bei 100° getrocknet und gewogen, sie besteht alsdann aus $(\text{Mg}^2\text{NH}^3\text{H}) \ddot{\text{A}}\text{s} + \text{H}$ und enthält 39,36 p. C. Arsenik = 64,51 $\ddot{\text{A}}\text{s}$.

Ermittlung
des
Schwefel-
arsens,

In dem Schwefel, in welchem sich Schwefelarsenik findet, kann auch leicht Schwefelantimon vorhanden sein. Man findet dieses, wenn man den nach der Entfernung des Schwefelarsens zurückgebliebenen Schwefel, nachdem er ge-

des
Schwefel-
antimons.

hörig ausgewaschen ist, mit concentrirter Salzsäure erwärmt und die abfiltrirte salzsaure Lösung mit Schwefelwasserstoff behandelt. Bei Anwesenheit von Antimon entsteht ein orangerothcr Niederschlag, Sb , (Abth. I. §. 766.). Ist die Menge desselben in Bezug auf die zur Untersuchung verwendete Quantität des Schwefels so groß, daß man eine quantitative Bestimmung für nöthig hält, so bringt man das ausgewaschene Schwefelantimon noch naß vom Filtrum in eine gewogene Platinschale, trocknet anfangs im Wasserbade, dann eine Zeit lang bei 115° und wägt. Nachher muß das gewogene Schwefelmetall in concentrirter Salzsäure gelöst werden, um zu sehen, ob viel Schwefel, durch Zersetzung des Schwefelwasserstoffs entstanden, beigemengt war. Ist dies der Fall, so erhitzt man bis der Schwefel zu einer Kugel zusammengeschmolzen ist, gießt die Flüssigkeit davon ab, wäscht mit Salzsäure den Schwefel aus und wägt den in einem bedeckten Raum über Schwefelsäure getrockneten Schwefel. Sein Gewicht wird von dem des Schwefelantimons abgezogen.

§. 50. Wie wichtig die Reinheit des Schwefels sei, erhellt aus der chemischen Wirkung, welche er bei der Zersetzung des Schießpulvers ausüben soll. Er besitzt aber auch im Gemenge mit Kohle und Salpeter die vortheilhafte Eigenschaft, die Consistenz des Gemisches zu vermehren und das Zerfallen desselben zu verhüten.

II. Die mechanische Bereitung des Pulvers.

Dosirung
des Pulvers.

§. 51. Die Mengenverhältnisse der drei Bestandtheile des Pulvers kamen, schon ehe man darüber theoretische Ansichten haben konnte, mit dem vom wissenschaftlichen Standpunkte als besten bezeichneten Mischungsverhältniß (s. oben §. 7.) sehr nahe überein. Man pflegte nämlich auf 6 Th. Salpeter 1 Th. Kohle und 1 Th. Schwefel anzuwenden, das macht in 100 Th. 75 Salpeter, 12,5 Kohle und 12,5 Schwefel.

Man hat später, theils der Ersparnisse halber, theils um gewisse nachtheilige Wirkungen des Pulvers aufzuheben, Abweichungen von jenem bekannten Verhältniß gemacht, namentlich hat man den theuren Salpeter auf eine sehr geringe Menge reducirt, oder den Schwefel, dessen chemische Einwirkung auf die Geschützwände man für so schädlich hielt, ganz weggelassen. Indessen die Versuche zeigten die weit geringere Brauchbarkeit oder gänzliche Unanwendbarkeit solcher Gemische. Proust fand, daß bei Zersetzung eines Gemenges von 6 Th. Salpeter mit weniger als 1 Th. Kohle salpetrigsaures Kali im Rückstand der Verbrennung blieb (also ein Theil Stickstoff nicht frei wurde), mit mehr als 1 Th. Kohle die Wärmeentwicklung geringer war, und daß von allen ähnlichen Mischungsverhältnissen das aus 6 Th. Salpeter, 1 Th. Kohle und 1 Th. Schwefel die größte Menge Gas lieferte. Auf 100 Th. Salpeter berechnet macht dies also $16\frac{2}{3}$ Th. Kohle und $16\frac{2}{3}$ Th. Schwefel. Nachstehende Tabelle, welche die Satzverhältnisse einiger bekannter Pulverfabriken angiebt, zeigt die größere oder geringere Uebereinstimmung mit den obigen Zahlen. Es werden auf je 100 Th. Salpeter genommen zu

	Kohle	Schwefel
Amerikanischem und französischem Kriegspulver	16,6	16,6
Russischem Pistolenpulver	14,3	10,9
Württembergischem Flintenpulver	14,3	19,8
Großherzoglich hessischem Flintenpulver	14,5	21,2
- - - Kanonenpulver	14,4	20,4
Polnisch Lissa und russischem Jagdpulver	15,0	10,0
Dartford	15,6	9,8
Grenelle und mailändischem Kriegspulver	15,7	15,7
Hannöverschem Kriegspulver	15,2	25,3
Französischem Jagdpulver (1848)	15,4	12,8
Spanischem	16,5	14,1
Italienischem Kriegspulver	15,8	15,8
le Bouchet Jagdpulver	16,4	11,7

	Kohle	Schwe- fel
Curtis & Harvey	16,3	11,8
Württembergischem Kanonenpulver	16,0	17,2
Aelterem preussischen Kriegspulver	18,0	15,3
Poudre royal	17,5	12,5
Oesterreichischem Scheibenpulver	17,5	15,0
Berner Pulver	18,4	13,1
Englischem von Walth om Abbey	18,0	13,3
Kurfürstlich hessischem Kriegspulver	18,2	18,2
Sächsischem Hakenpulver	21,6	10,9
Holländischem Pulver	22,9	20,0
Russischem Kanonenpulver	25,0	16,6
Champy	24,75	6,25
- rundes	21,6	13,5
Chinesischem	37,4	25,2
Schwedischem Kriegspulver	12,0	21,3
Russischem Bergpulver	25,0	25,0
Französischem Sprengpulver	23,0	30,8
Oesterreichischem Sprengpulver	31,0	29,2
Französischem Minenpulver	29,0	32,4

Nach einer andern Angabe sollen die Kriegspulver verschiedener Mächte so zusammengesetzt sein, dafs sie auf je 100 Th. Salpeter enthalten

	Kohle	Schwe- fel
in Frankreich u. den vereinigten Staaten von Amerika	16,6	16,6
- England	20,0	13,3
- Rußland	18,4	17,1
- Oesterreich	15,1	16,4
- Spanien	14,0	16,6
- der Schweiz (rundes)	18,4	13,2
- Holland	22,8	20,0
- Schweden	12,0	21,3
- China	19,2	12,8

In den preussischen Pulverfabriken werden zu den verschiedenen Sorten des Kriegspulvers keine verschiedenen Mischungsverhältnisse genommen, sondern man wendet für alle ein und denselben Satz an, welcher 74 Th. Salpeter 16 Th. Kohle und 10 Th. Schwefel enthält. Das Minen- und Bergpulver enthält in den meisten Ländern beträchtlich mehr Schwefel.

Berechnet man auf Grund der Formel 1 At. $\text{K}\ddot{\text{N}}$, 1 At. S, 3 At. C die Zusammensetzung eines Pulvers, zu dessen Bereitung 25 p. C. ige Kohle (s. oben §. 42.) verwendet werden soll, so müssen, da jene Kohle nur 89,73 Kohlenstoff enthält, 14,84 p. C. derselben, also auf 100 Th. Salpeter 19,84 Kohle und 15,82 Schwefel genommen werden. Dies ist in der That nahe zu das Verhältniß, in welchem die drei Bestandtheile in Preussens Fabriken angewendet werden.

§. 52. Da das Schießpulver nur ein Gemenge, nicht eine chemische Verbindung seiner Bestandtheile ist, so kommt es für die Wirksamkeit desselben ganz besonders auf die innige Mischung der drei Gemengtheile und ihren fein vertheilten Zustand an; denn je inniger die Bestandtheile gemischt sind, desto vollständiger und schneller zersetzen sie sich. Es hatte die außerordentliche Heftigkeit, mit welcher das gute englische Pulver sich zersetzte, nicht seinen Grund in der Beimengung eines Knallpräparats, wie man früher zu glauben geneigt war, sondern in der äußerst sorgfältigen Bereitungsmethode. Alle guten Pulverfabriken verwenden daher auch jetzt nächst der Sorgfalt in der Darstellung einer geeigneten Kohle ein besonderes Augenmerk auf die Verarbeitung der Bestandtheile.

Die
mechanische
Bereitung
des Pulvers.

Die Operationen, denen die Bestandtheile unterliegen, sind

- 1) das Kleinen (Zerkleinern, Pulverisiren)
- 2) das Mengen (innige Vermischen)
- 3) das Anfeuchten des gemengten Satzes
- 4) das Verdichten desselben (Darstellung des Pulverkuchens)

- 5) das Körnen und Sortiren
- 6) das Poliren
- 7) das Trocknen
- 8) das Ausstäuben.

1. Das Kleinen.

§. 53. Man bedient sich verschiedener Apparate zum Zerkleinern der Bestandtheile. In Preussen sind den zur Zeit der Revolution in Frankreich eingeführten Trommeln ähnliche in Anwendung. Sie bestehen aus zwei starken hölzernen Scheiben *a*, die durch Querhölzer mit einander verbunden sind. Im Innern sind Leisten *b* angebracht, um abwechselnde Erhöhungen zu erzielen, welche die herab-

Fig. 17.

Querdurch-
schnitt des
Apparats.

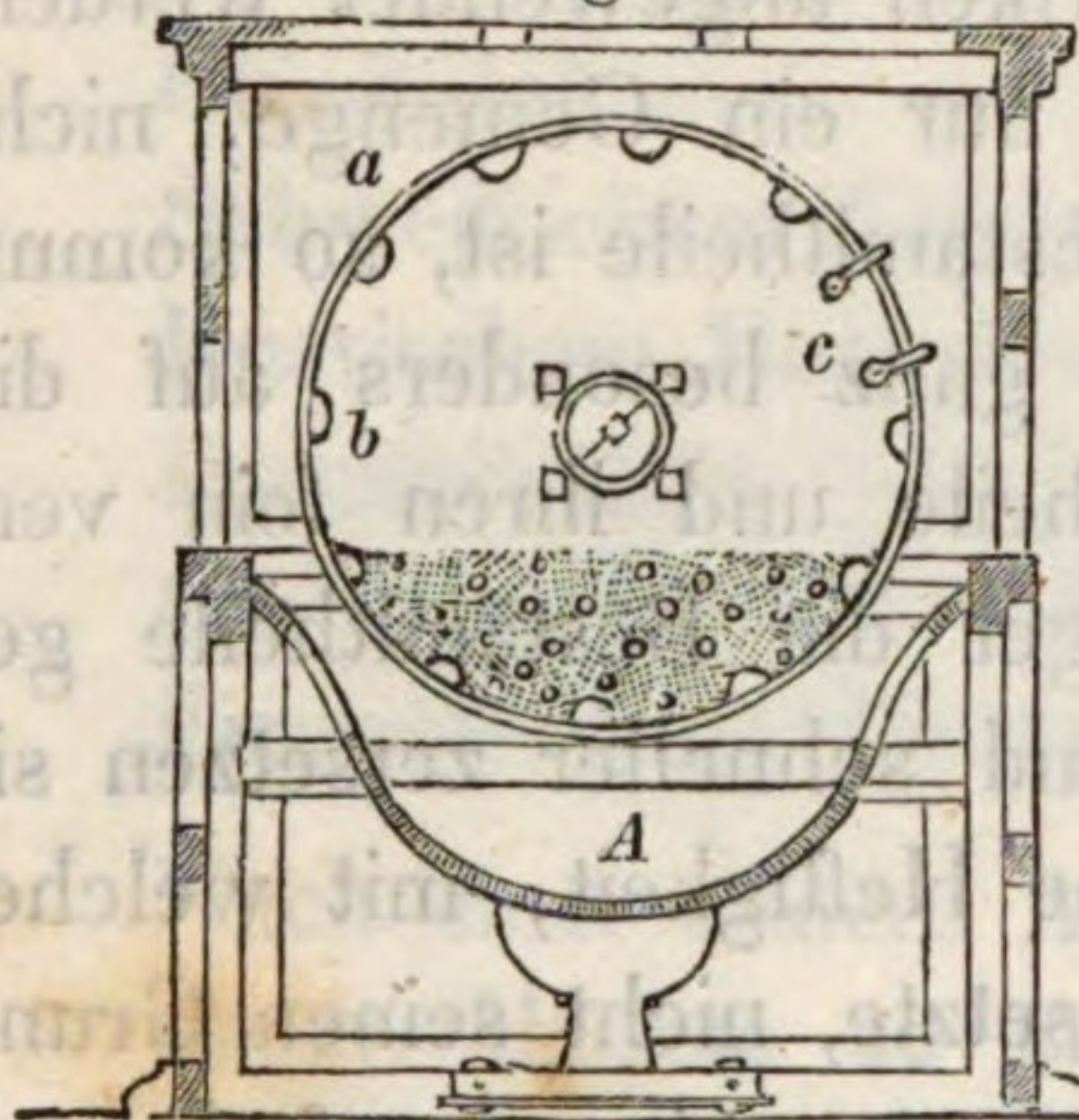
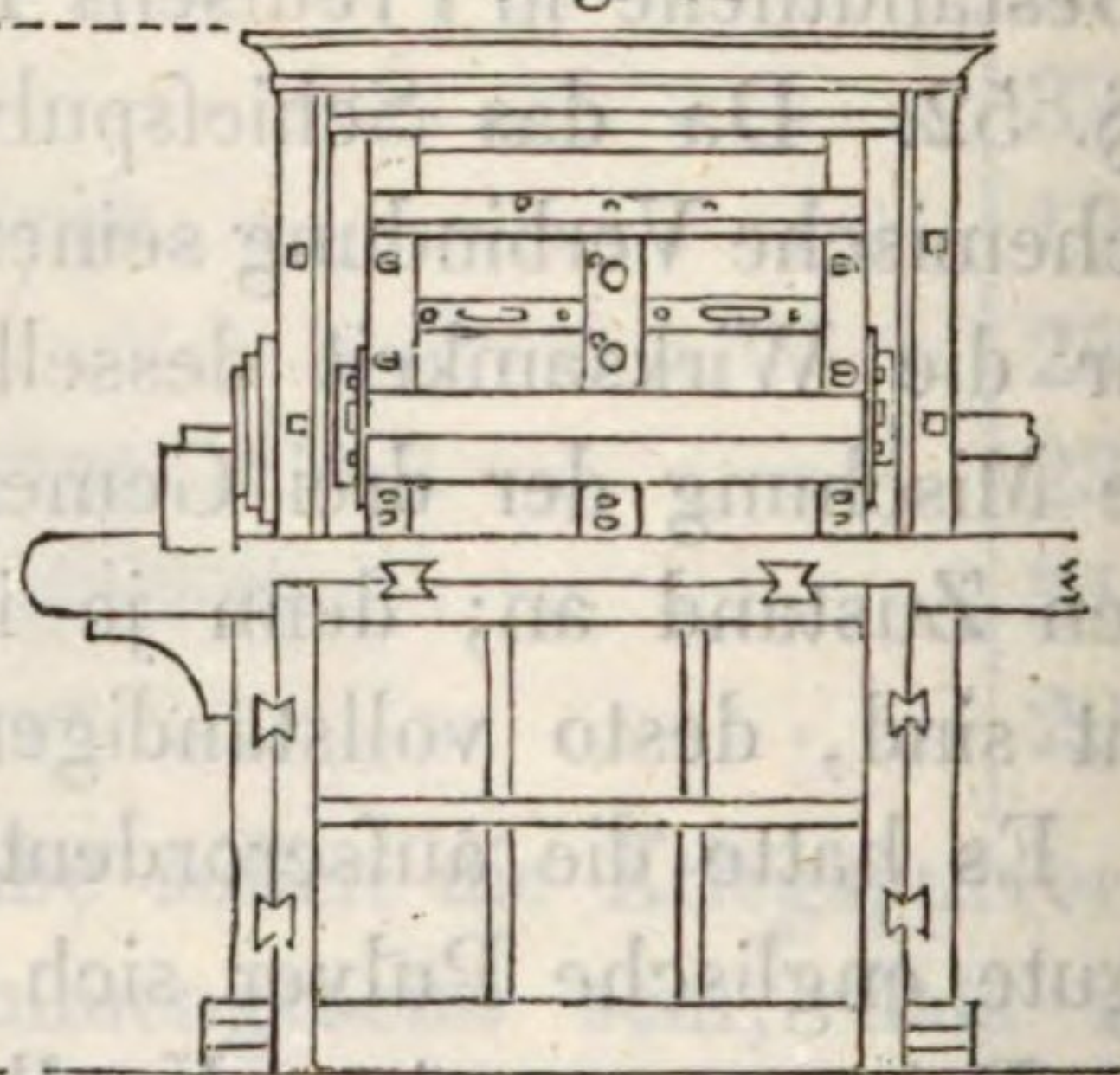


Fig. 18.



fallenden Kugeln aufhalten. Die Trommel (Breihtrummel) wird inwendig mit starkem Leder ausgekleidet. Durch die Thür *c* wird die zu kleinende Substanz sammt den zur Zerkleinerung dienenden Bronzekugeln (von ungefähr 6 Linien Durchmesser) (s. Abth. I. §. 634.) eingetragen und entleert. Das Ganze ist mit einem durch Wachseleinwand ausgekleideten Holzgerüst umgeben, an welchem unten ein Schlauch angebracht ist, durch den das gekleinete Material in ein untergestelltes Gefäß *A* fällt. Damit die Bronzekugeln beim jedesmaligen Entleeren der Trommel nicht aus derselben herausfallen, wird alsdann statt der massiven Thür *c* eine mit einem starken Drahtgewebe versehene eingesetzt.

§. 54. Es leuchtet ein, dafs bei Benutzung dieses Appa- Umdrehungs-
geschwindig-
keit. rats die Umdrehungsgeschwindigkeit eine gewisse Grenze nicht überschreiten darf, sonst fallen die Zerkleinerungskugeln nicht zurück. Die Umdrehungsanzahl in einer Minute, die Quantität der zu kleinenden Masse und das Gewicht der dazu nöthigen Bronzekugeln sind in verschiedenen Fabriken und für die verschiedenen Substanzen nicht gleich; diese Verhältnisse sind durch Versuche auszumitteln.

§. 55. Von den drei Bestandtheilen des Pulvers werden Das Kleinen
der Kohle. in Preussen nur Kohle und Schwefel für sich gekleint, da der durch präcipitirte Krystallisation erhaltene Salpeter (das Salpetermehl) schon in hinreichend fein vertheiltem Zustande ist. Es werden ungefähr 160 Pfund Kohle oder Schwefel mit 200 Pfund Bronzekugeln 3 Stunden gekleint, wobei die Trommel 10 Umdrehungen in der Minute macht.

Während der Bearbeitung reibt sich so viel Bronze von den Kugeln ab, dafs 100 Pfund Kohle ungefähr $5\frac{1}{2}$ Loth davon beigemennt enthalten. Diese geringe Quantität ist schon ausreichend, um bei Verbrennung von mehreren Grammen Kohle in einem Platintiegel diesen zu verderben (oben §. 46.), indem Kupfer und Zinn mit dem Platin eine leichtschmelzbare Legirung eingehen.

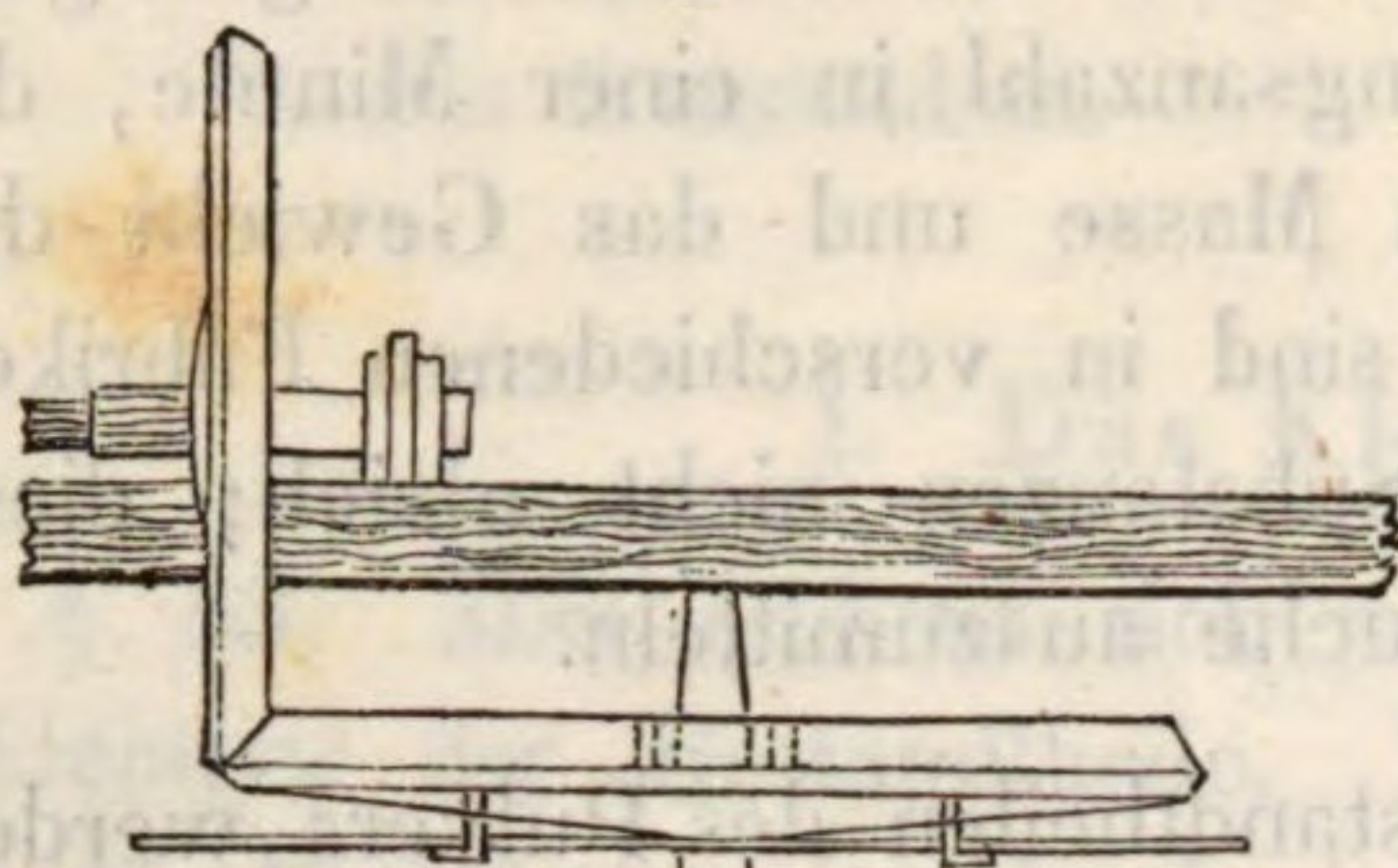
§. 56. Der Schwefel, welcher für sich nur schwierig Das Kleinen
des
Schwefels. fein zu pulverisiren ist, wird in Preussen mit einem gewissen Antheil Salpeter zusammen bearbeitet. Man erhält den Schwefel feiner als es sonst möglich war und hat nicht so leicht Explosionen zu fürchten.

§. 57. Mehr als die Trommeln sind zur Zerkleinerung Andere Zer-
kleinerungs-
Apparate. der Pulverbestandtheile andere mühlenähnliche Vorrichtungen in Anwendung, und zwar entweder mit aufrecht stehenden Steinen (Läufern) oder mit Stampfen, oder mit Hämmern.

Die Einrichtung der Mühlen mit aufrecht stehenden Läufern ist leicht aus den nebenstehenden Zeichnungen

(Fig. 19 u. 20.) ersichtlich. Auf einer horizontalen Holzunterlage bewegen sich die beiden Läufer sowohl um eine gemeinschaft-

Fig. 19.



Die Walzmühlen.

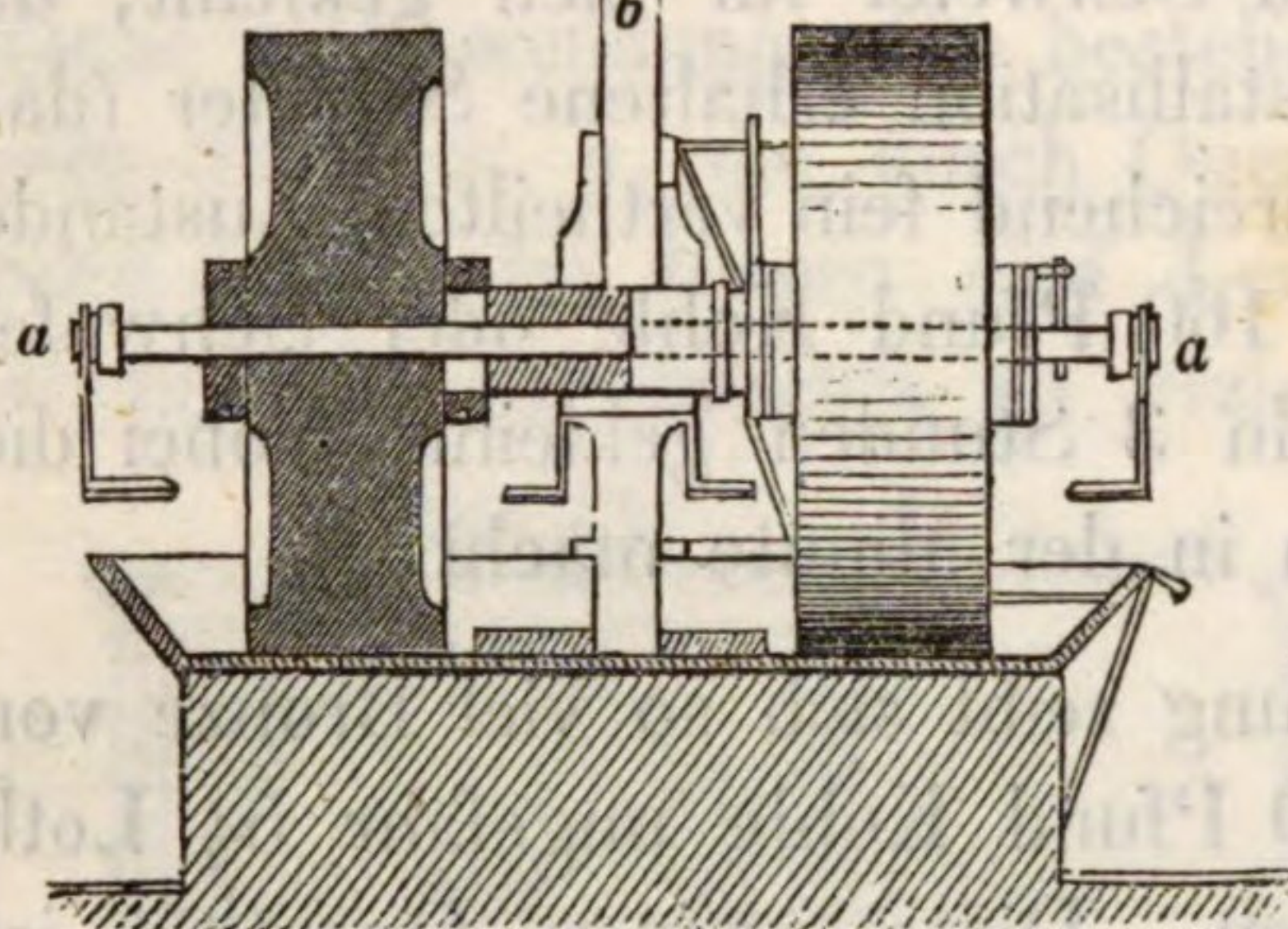
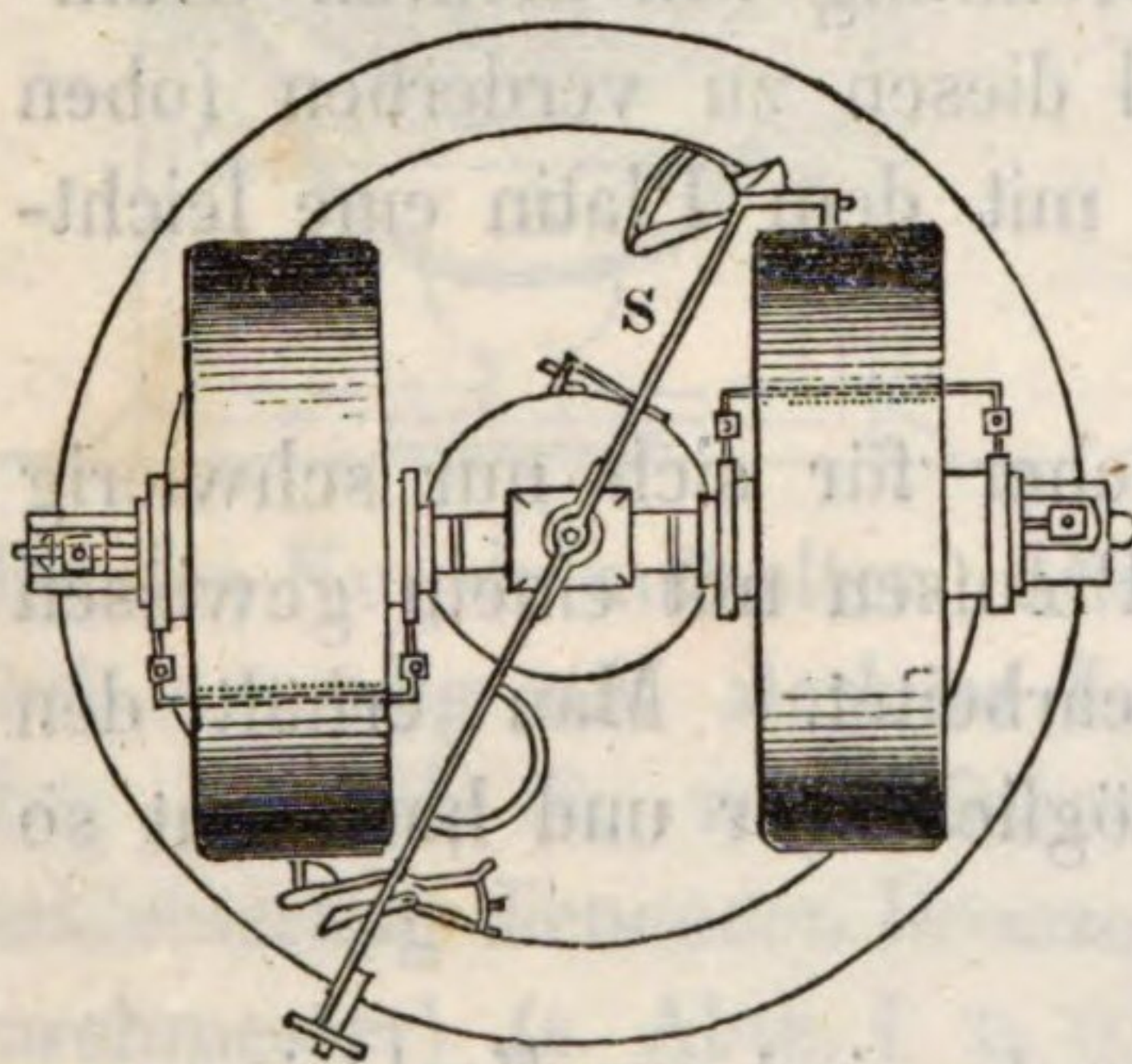


Fig. 20.



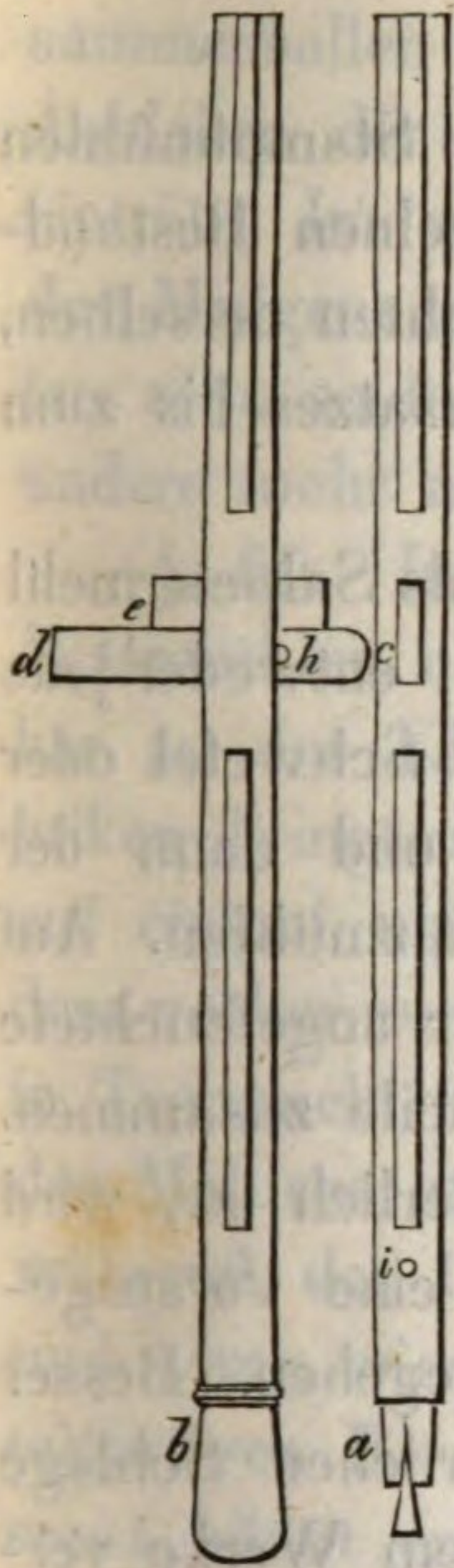
liche horizontale Axe *a*, als auch um eine verticale *b*. Es wird also zugleich eine zermahlende und eine zerreißende Wirkung hervor- gebracht. Das Streich- brett *S* bringt die nach außen gewichenen Theile der zu pulverisirenden Substanzen wieder unter die Steine und wenn man die beiden Läufer in un- gleicher Entfernung von der Axe *b* auf der hori- zontalen *a* befestigt, so erreicht man dadurch, daß der der Axe *b* näher ste- hende die von dem andern Läu- fer nach innen getriebene Sub- stanz zerquetscht. Die Läufer bestehen bald aus Stinkstein (Kalk mit bituminösen Bestand- theilen), bald aus Marmor, bald aus Kupfer, bald aus Gufseisen; letztere sind mit einem Ring aus Bronze umgeben. Man zieht meistens die aus Stein vor, weil die metallenen sich ungleich abnutzen. Der Durchmesser der Läufer schwankt zwischen 3 und 7 Fufs und ihr Ge- wicht zwischen 300 und 5000 Pfund.

Die Stampf- mühlen.

Die Stampfmühlen haben gewöhnlich zwei Reihen Stampfer, von denen jeder in ein Stampfloch schlägt, oder je 3 in ein größeres. Die Stampflöcher sind (je 7—10) in einen eichenen Block ausgemeißelt und bilden sphäroidische

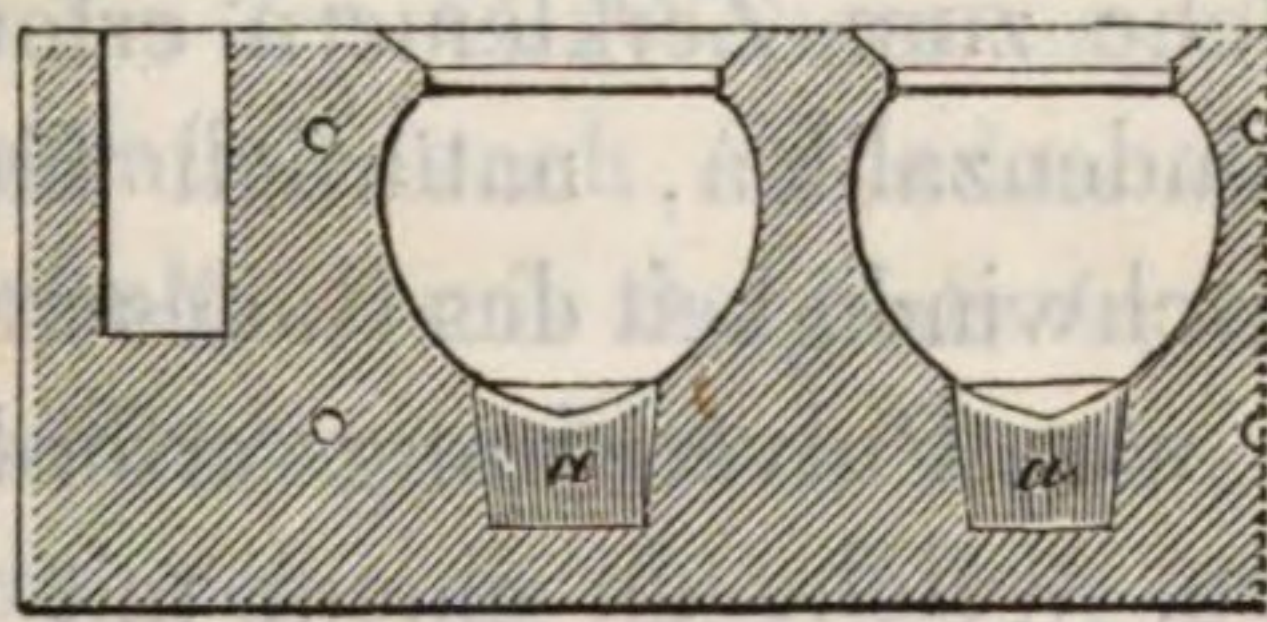
Höhlungen von ungefähr 1' 2" Durchmesser. Damit die Wucht des Schlagens nicht die Holzfasern in ihrer Längs-

Fig. 21.



richtung treffe, wobei sie leichter zerreißen, ist in dem untersten Theile des Loches ein Stück hartes Holz *a* (Fig. 22.), dessen Fasern im Querschnitt nach oben liegen (über das Hirn geschnitten, Hirnholz), eingesetzt. In Italien wendet man statt der hölzernen Stampflöcher metallene an. Die Stampfen sind hölzerne Stempel, die mit einem Bronzeschuh *b* *) versehen und, um sie etwas leichter zu machen und das grösste Gewicht in den untersten Theil zu verlegen, ausgekehlt sind. Der Schuh wird befestigt, indem man den Theil *a* des Stempels (Fig. 21.) mit seinem Keil in den

Fig. 22.



Schuh eindrückt.

Unter die Hebeplatte *dh*, welche mittelst *e* in *c* befestigt wird, greifen die Dau-

men der Radwelle; das Loch *i* nimmt einen Pflock auf, welcher den Stempel in seiner höchsten Lage, wenn er nicht mehr bewegt werden soll, festhält. Die Gestalt der Stampflöcher bewirkt, daß die unter die Stampfen seitwärts ausweichende zusammengebackene Masse, wenn sie bis zu einer gewissen Höhe an den Wänden in die Höhe gestiegen ist, sich umbiegt und wieder unter die herabfallenden Stempel kommt. Diese werden bei jeder Umdrehung der Welle 2 bis 3mal gehoben und machen je nach der Umdrehungsgeschwindigkeit der Welle ungefähr 40—60 Schläge in der Minute; ihr Gewicht beträgt 45—80 Pfund. Die Quantität der in jedem Loch zu pulverisirenden Substanzen schwankt zwischen 16 und 50 Pfund.

*) Die Bronzelegirung besteht aus 18 p. C. Zinn und 82 p. C. Kupfer.

In einigen Ländern, z. B. in der Schweiz (Bern), wendet man statt der Stampfen Hämmer an, welche schwerer sind als die Stampfen und bis 85 Schläge in der Minute machen.

§. 58. Sowohl die Walz- als auch die Stampfmühlen dienen nicht bloß zum Zerkleinern der einzelnen Bestandtheile, sondern auch zum Mengen und Verdichten derselben, d. h. zur Anfertigung des vollständigen Pulversatzes bis zum Körnen.

In den Fabriken, wo der Salpeter nicht als Salpetermehl angewendet wird, werden die drei Substanzen, entweder jede für sich, oder meistens der Salpeter mit dem Schwefel oder auch mit der Kohle zusammen pulverisirt, und dann der Schwefel für sich, so namentlich auf den Walzmühlen. Auf den Stampfmühlen zerkleinert man die vorher angefeuchtete Kohle allein und die beiden andern Bestandtheile zusammen.

Die Zeit, welche zum Zerkleinern erforderlich ist, wird gewöhnlich in Stundenzahlen, natürlich für eine vorausgesetzte constante Geschwindigkeit des Rades angegeben. Besser ist die Zahl der zur Pulverisirung erforderlichen Schläge namhaft zu machen, welche an einem mit dem Werke verbundenen Uhrwerke, dessen Zifferblatt für die Arbeiter verschlossen ist, abgelesen werden kann.

2. Das Mengen.

Verfahren
der
preussischen
Fabriken.

§. 59. Die drei zerkleinerten Bestandtheile des Pulvers werden in dem oben angeführten Verhältniß einer innigen Mengung unterworfen. Dies geschieht mit den trocknen Materialien in den sogenannten Mengtrommeln, die sich von den oben beschriebenen Breihtrommeln (Fig. 17. 18.) in Nichts unterscheiden, als daß sie bloß aus Leder gefertigt sind. Das Mengen dauert mit 200 Pfunden des Satzes ungefähr 3 Stunden bei einer Umdrehungsgeschwindigkeit von 10 Umdrehungen in der Minute. Es werden für die angegebene Menge Satz 300 Pfund Bronzekugeln eingefüllt.

Obwohl die fein zertheilten Substanzen, namentlich die Kohle aus der Luft Wasser anziehen, so wird dadurch der Satz in der Mengtrommel doch nie so feucht, daß ein Zusammenballen desselben und in Folge davon ein theilweises Ankleben der Bestandtheile an den Wänden der Trommel einträte. Im entgegengesetzten Fall würde bei der Operation des Mengens eine Entmischung des Pulversatzes zu befürchten sein, so fern von den drei Bestandtheilen einer oder der andere mehr ankleben würde als der dritte.

§. 60. In andern Fabriken geschieht das Mengen unter Walzmühlen oder Stampfmühlen und schließt sich unmittelbar an das Kleinen der Bestandtheile an. In einigen Fabriken bringt man alle 3 Bestandtheile gröblich gepulvert auf einmal unter die Mühlsteine, in andern Fabriken nachdem vorher nur Kohle und Schwefel für sich oder zusammen in Trommeln zerkleint waren. Der Satz wird beim Beginn des Mahlens mit 1—2 p. C. Wasser angefeuchtet und dieses während der Operation nach Befinden der Umstände dann und wann wiederholt, damit der Satz in einer angemessenen teigartigen Beschaffenheit erhalten werde, nicht zu trocken, sonst hängt er zu sehr an den Läufern und es entstehen leicht Explosionen, nicht zu nass, sonst gleitet er zu sehr seitwärts und die Mengung wird nicht innig. Eine salbenartige Consistenz der Masse bezeichnet die Vollendung des Mengens, und dann wird die Umdrehungsgeschwindigkeit der Läufer vermindert, wodurch ein stärkeres Zusammenpressen des Satzes statt findet. Das Befeuchten wird jetzt meistens durch eine an der Axe der Walze angebrachte, mit einem Ventil verschlossene Gießvorrichtung bewerkstelligt. Die zu mengende Masse beträgt selten mehr als 40—56 Pfd.

In den Stampfmühlen wird zu der (durch 1000 Schläge) zerkleinten Kohle der vorher gekleinte Schwefel und Salpeter eingetragen, die Masse angefeuchtet und eine Zeit lang bearbeitet. Nach 2000 und später nach 4000 Schlägen wird der Inhalt der Stampflöcher unter einander ausgewechselt, um das Ansetzen fest geballter Masse an den Stampfen und auf

Das
Mengen auf
Walzmühlen,

auf Stampf-
mühlen.

dem Boden zu verhüten, und dann wieder etwas befeuchtet. Das Auswechseln wird 6—8mal wiederholt. Ungefähr 20 Pfund befinden sich in den kleinern und 50 Pfund in den größern Stampflöchern, und zur völligen Bearbeitung gehören je nach verschiedenen Pulversorten 32000—64000 Schläge.

3. Das Anfeuchten.

Verfahren
in
Preußen.

§. 61. Nach vollendetem Mengen wird in den preussischen Fabriken aus den Trommeln der trockne Satz in einen andern Raum geschafft und hier angefeuchtet. Es geschieht dieses in einem hölzernen Kasten, über welchem ein mit feinen Löchern versehenes Rohr sich befindet. Dieses steht mit einem Wassergefäß in Verbindung und kann durch einen Hahn abgesperrt werden. Man läßt von Zeit zu Zeit den im Kasten befindlichen Satz besprengen, rührt wiederholt mit einem Holzspatel um und fährt so fort bis der Pulversatz sich angemessen zusammenballen läßt. Dann hat er ungefähr 10 p. C. Wasser aufgenommen.

Wenn die Materialien auf Walz- oder Stampfmühlen weiter verarbeitet werden, so geschieht das Anfeuchten schon beim Kleinen der Kohle und beim Mengen, wie es in den §§. 59. und 60. angeführt ist.

4. Das Verdichten.

Verdichten
durch
Pressen.

§. 62. Der angefeuchtete Satz muß vor weiterer Verarbeitung erst verdichtet werden. Dies geschieht in den preussischen Fabriken durch Zusammenpressen zwischen zwei um horizontale Axen sich bewegenden Cylindern aus Bronze und Papier oder Holz von ungefähr 2 Fuß Durchmesser, zwischen denen sich ein Tuch ohne Ende bewegt; ihre Bewegung wird durch einen dritten unter den beiden andern liegenden Cylinder bewirkt. Auf dieses Tuch wird an der einen Seite der angefeuchtete Satz gelegt, und an der andern Seite kommt derselbe in die Form eines Kuchens von ungefähr $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$ Zoll Dicke und einer etwas geringeren Breite als die der Cylinder ist gepreßt

Der
Pulverkuchen.

hervor. Der Druck, welchen der obere Cylinder auf den untern ausüben soll, kann beliebig geändert werden durch besondere Vorrichtungen, welche den Druck des obern Cylinders zu vergrößern erlauben. Die Umdrehung der Cylinder geschieht sehr langsam und der Pulversatz erhält einen Druck, der zwischen 40000—50000 Pfund beträgt.

Für die Eigenschaften des anzufertigenden Pulvers ist das Verdichten von großer Wichtigkeit und es ist die zweckmäßige Grösse des Drucks beim Pressen für die verschiedenen Pulvergattungen durch Versuche ermittelt. Je größer die Zusammenpressung ist, um so mehr wirksame Bestandtheile (bis zu einer gewissen Grenze) erhält man in einem gewissen Raum und desto mehr Gas entwickelt sich im Verhältniss zu weniger verdichtetem Pulver in demselben Raum. Aber je stärker ein Pulver verdichtet ist, desto weniger plötzlich zersetzt es sich, um so geringer ist also die Temperaturerhöhung und folglich die Ausdehnung der Gase. Bei sehr unbedeutender Pressung zersetzt sich das Pulver in seiner ganzen Masse plötzlich, es werden durch die hohe Temperatur die Gase heftig ausgedehnt und das Pulver wirkt explosiv auf die Geschützwände.

§. 63. Auf andern Pulverfabriken geschieht das Verdichten entweder auf dieselbe oben angegebene Weise, so z. B. in Angoulême und le Bouchet beim Jagdpulver; oder es ist die Fortsetzung des Mengens, wie auf den Walz- und Stampfmühlen. Nur findet alsdann der Unterschied statt, dass auf den Walzmühlen die Umdrehungsgeschwindigkeit der Läufer verlangsamt und auf den Stampfmühlen die Hubhöhe der Stampfer vergrößert wird, und bei den Walzmühlen kommt der Pulversatz als consistenter Kuchen mit ungefähr 2—3 p. C. Feuchtigkeit zur weiteren Verarbeitung, während die Hammermühlen ihn in nussgrossen Stücken abliefern.

5. Das Körnen und Sortiren.

§. 64. Der Pulverkuchen wird, so wie er aus der Presse kommt, mit hölzernen Fäusteln in gröbliche Stücke zerlegt.

zerschlagen und in dieser Form in den Körnapparat gebracht. Dieser besteht in den preussischen Fabriken aus Sieben, die auf dieselbe Weise angeordnet sind und bewegt werden, wie es mittelst der in den besten französischen Pulverfabriken angewendeten Körnvorrichtungen geschieht.

Eine Anzahl von Sieben, gewöhnlich 8, wird in Holzringe eingesetzt und diese sind auf einem hölzernen Rahmen (Fig. 23.) befestigt, welcher mit dem excentrischen Theile

Fig. 23.

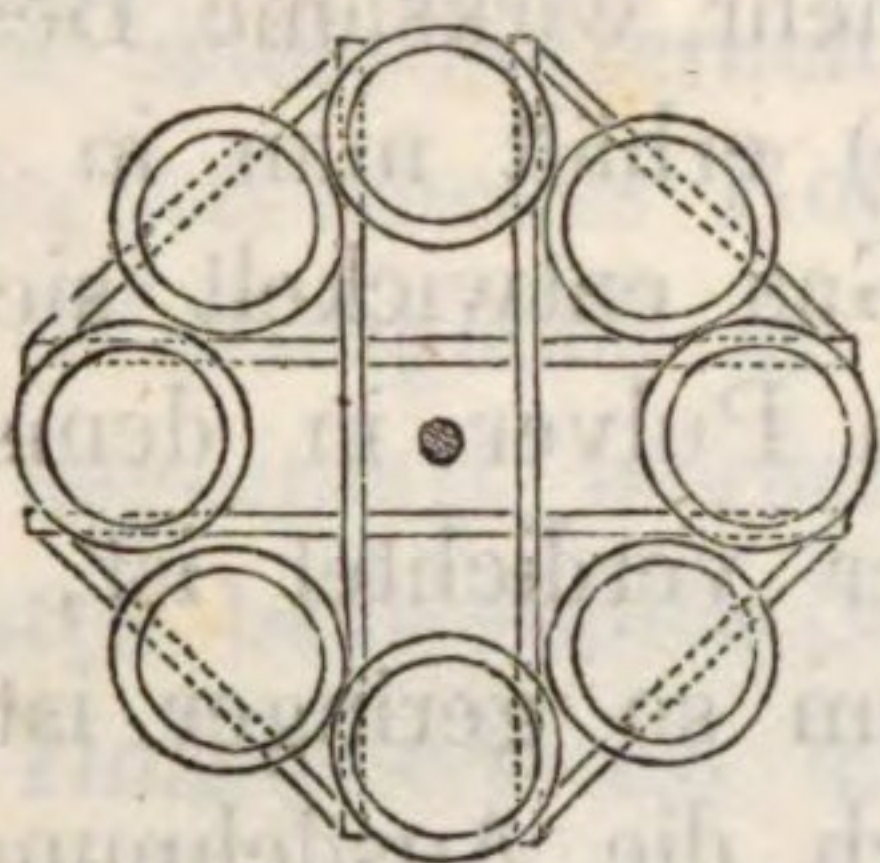


Fig. 24.

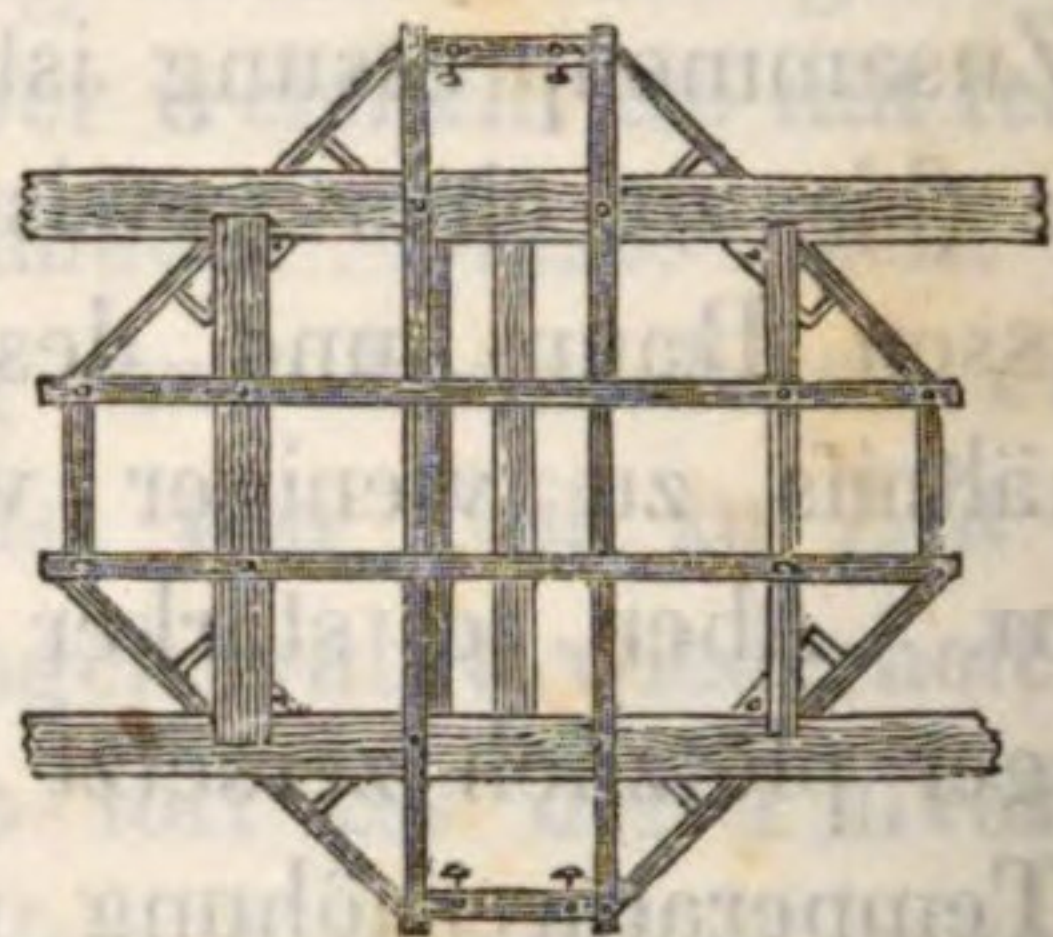
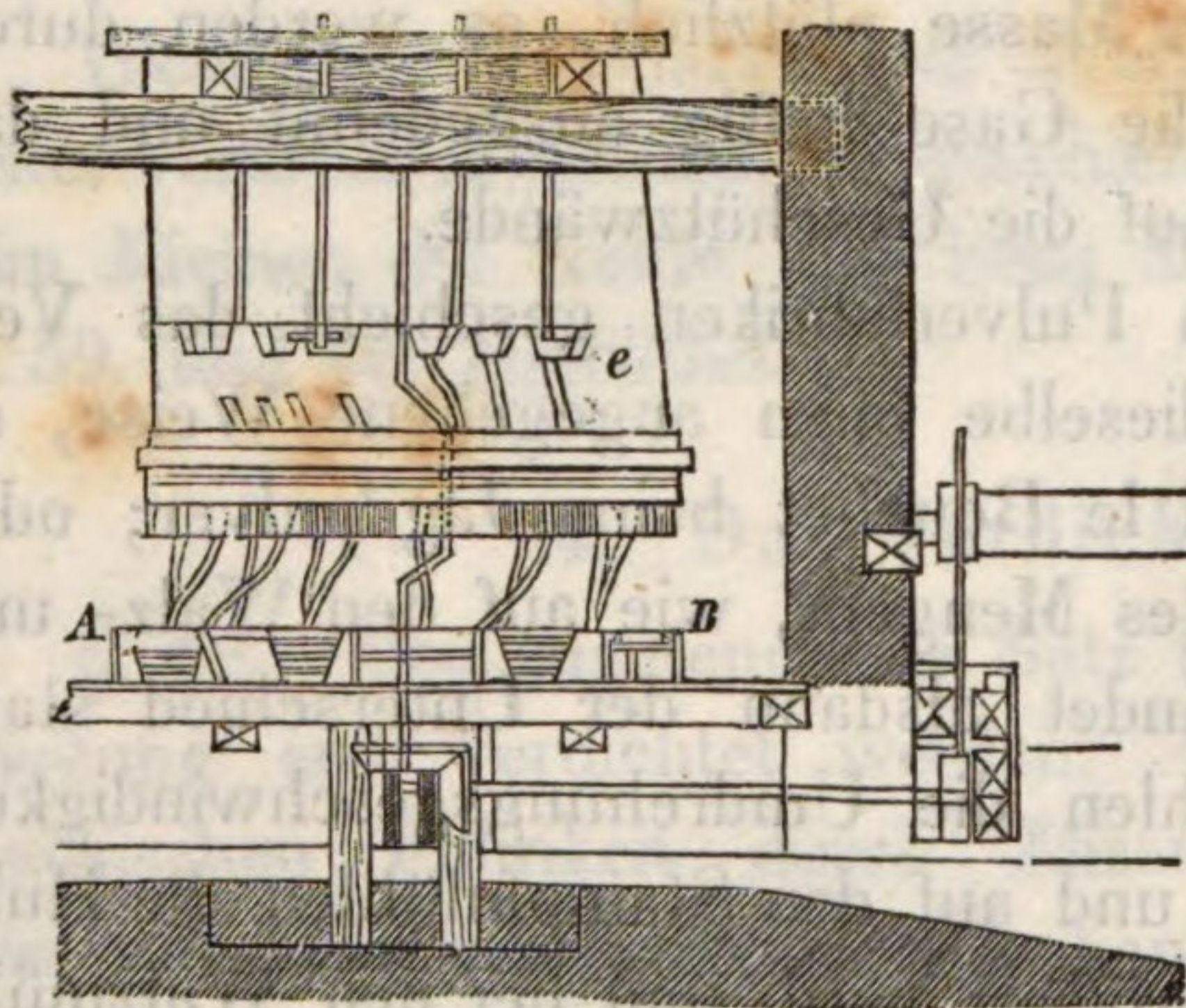


Fig. 25.



eines verticalen Wellbaums in Verbindung steht (s. Fig. 25.). Die Uebertragung der Bewegung an den Wellbaum und die Stellung der Siebe an demselben ist aus der Zeichnung ersichtlich. Jeder Siebeinsatz besteht aus mehreren Abtheilungen, wie aus den Quer-

durchschnitten desselben Fig. 26. 27. 28. erhellt. Er ist oben gedeckt und erhält den Pulverkuchen durch einen Schlauch, welcher durch eine Oeffnung des Deckels in die oberste Abtheilung des Siebes einmündet. In diesen Schlauch fallen die zerkleinerten Stücke des Pulverkuchens durch Trichter e (Fig. 25.). Die oberste Abtheilung des Siebes ist von der darunter befindlichen durch einen durchlöcherten Boden von Kupferdraht ge-

Das
Schrotsieb.

trennt, dessen Oeffnungen grösser sind als die der untern Siebe. Eine Scheibe *n* (Fig. 28.) aus hartem Holz zertrümmert bei der Umdrehung des Apparats den Pulverkuchen und die ent-

Fig. 26.

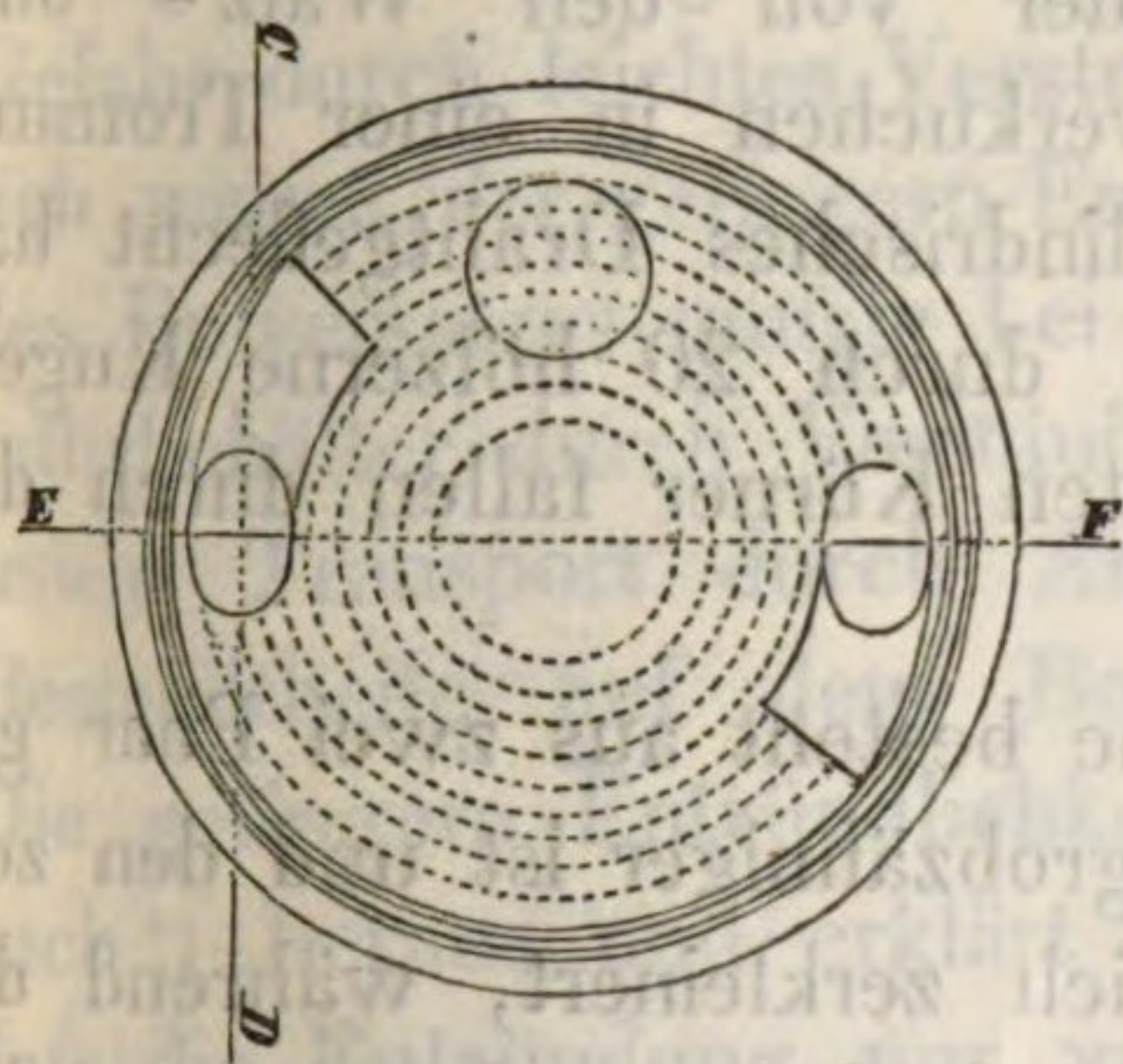


Fig. 27.

Schnitt nach C D.

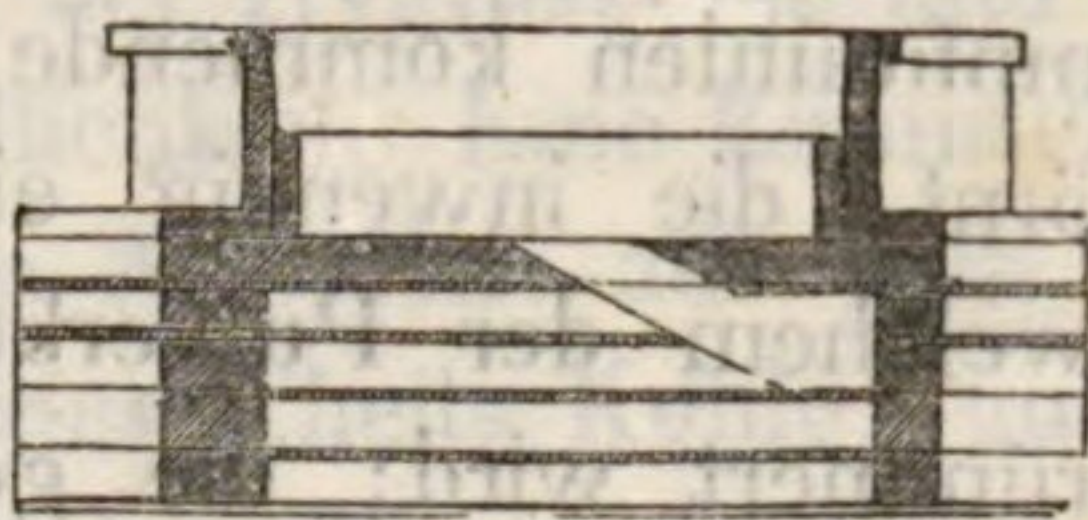
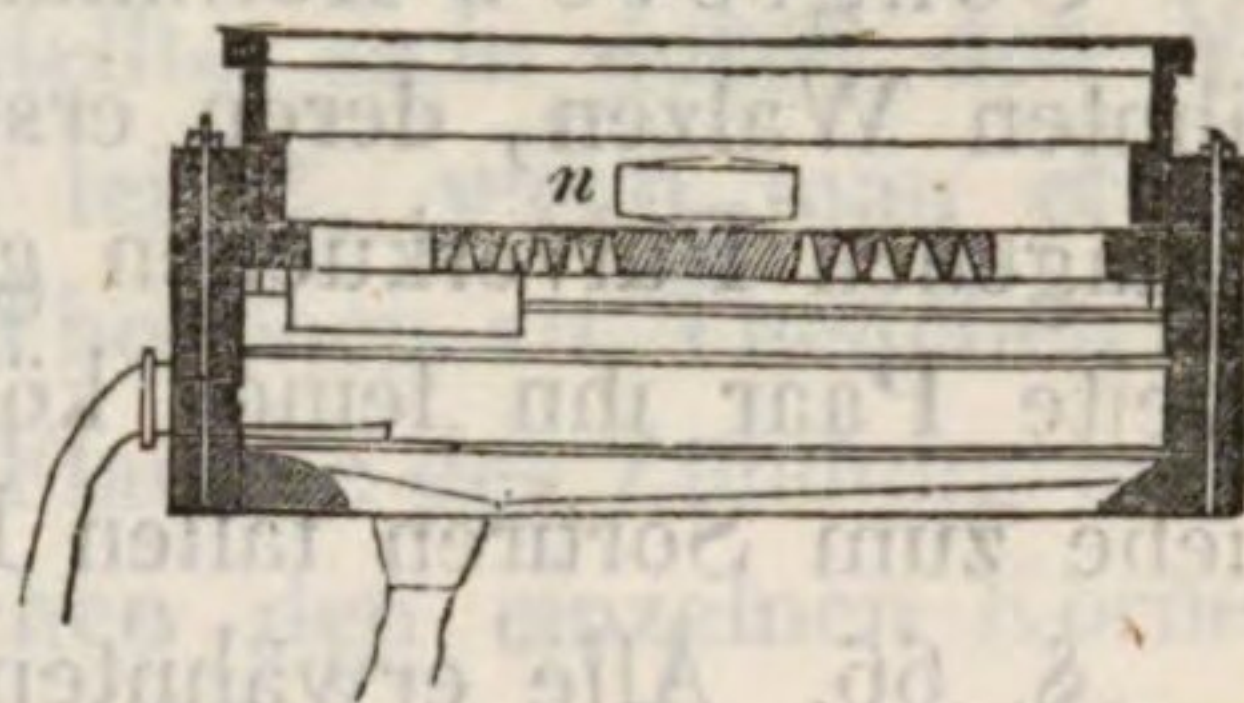


Fig. 28.

Schnitt nach E F.



standenen feinen und gröbern Körner fallen nebst dem etwa gebildeten Staub in die zweite Abtheilung. Diese hat als Boden ein Geflecht von Messingdraht mit Maschen bestimmter Grösse, durch welche die feinen Körner und der Staub hindurchfallen. Die grössern Körner aber werden durch ein kupfernes, schräg und dem Sinne der Bewegung entgegengesetzt liegendes löffelähnliches Blech, welches von dem Boden der ersten in die zweite Abtheilung hineinragt, in die erste zurückgeführt, um hier weiter zermalmzt zu werden. Aus der zweiten Abtheilung fallen die Körner von der richtigen Grösse und der Staub in die dritte engmaschigere Abtheilung, in welcher die Körner zurückbleiben und bei der Kreisbewegung mittelst eines in der Oeffnung der Seitenwand befestigten Schlauches in einen Kasten geleitet werden. Der Staub fällt dabei durch die feinen Maschen des Siebes und wird durch einen Schlauch in einen darunter befindlichen Behälter geführt. Diese Körnmethode erfordert wenig Handarbeit und geht äusserst schnell vor sich.

Das
Kornsieb.Das
Staubsieb.

§. 65. Fast in allen Pulverfabriken dienen in einander gestellte Siebe mit verschiedenmaschigem Geflecht zum Körnen, nicht überall aber werden sie durch eine der

Andere
Körnvorrich-
tungen.

obigen gleiche Maschinerie in Bewegung gesetzt. Sehr verbreitet ist die Vorrichtung, dass ein Rahmen, mit mehreren Sieben besetzt, an vier herabhängenden Seilen befestigt ist und durch zwei Arbeiter hin und her gerüttelt wird.

In le Bouchet wird der von den Walz- oder Stampfmühlen kommende Pulverkuchen in einer Trommel gekörnt, die inwendig ein cylindrisches Drahtgeflecht hat, in welchem der Pulverkuchen durch 20 hölzerne Kugeln zertrümmert wird; die gebildeten Körner fallen durch das Geflecht durch.

Congreve's Körnmaschine besteht aus zwei Paar gezähnten Walzen, deren erstes grobzähniger ist und den zerschlagenen Pulverkuchen gröblich zerkleinert, während das zweite Paar ihn feiner körnt und dann auf untergestellte Siebe zum Sortiren fallen lässt.

Die Darstellung runder Pulverkörner nach Champy. §. 66. Alle erwähnten Körnvorrichtungen liefern eckige Körner. Nur Champy's Methode erzielt die Darstellung runder Körner, welche man auch nach einem in der Schweiz üblichen, zugleich zum Poliren bestimmten Verfahren erhält. Champy's Apparat besteht in einer hölzernen Trommel, durch deren hohle Axe ein Kupferrohr mitten in die Trommel einmündet. Durch das Kupferrohr strömt Wasser ein, und zwar in mehreren feinen Strahlen, welche durch eine aufgesteckte feinflöcherige Brause sich in der Trommel verbreiten. Diese Strahlen benetzen eingetragene sehr feine Pulverkörner und diese lässt man in später zugefügtem staubförmigen Pulversatz eine Zeitlang sich wälzen. Dadurch entstehen runde Körner von verschiedener Grösse, welche man dann durch Siebe sortirt.

Die schweizer Vorrichtung ist folgende: das gekörnte eckige Pulver wird in Säcke aus dichtem Barchent gefüllt, welche, auf eine hohle Axe gesteckt, um diese gedreht werden. Dabei schleifen sich die eckigen Körner gegenseitig zu runden ab und werden zugleich glatt. Diese Methode giebt indess einen grossen Abfall an Staub und ist sonst nicht weiter eingeführt.

§. 67. In älteren Zeiten wurde das Pulver als Staub, Wichtigkeit
des Körnens. Mehlpulver, aufbewahrt und angewendet. Es leuchtet ein, daß dies sehr unzweckmäfsig war, theils wegen der unbequemen Handhabung, theils wegen der Unsicherheit in Erhaltung des richtigen Mischungsverhältnisses, theils wegen der grössern Gefahr durch leichtes Verstreuen, der Hygroskopie und endlich wegen der geringern Entzündlichkeit. Eine Entmischung des Pulversatzes mußte bei jedem Ausfüllen aus dem Vorrathsbehälter durch Verstäuben eines Theils Kohle, und bei jedem Transport durch Ansammeln der spec. schwerern Bestandtheile auf dem Boden des Gefäßes statt finden. Die geringere Entzündlichkeit stellte sich durch den Versuch *) heraus und erklärt sich leicht, wenn man erwägt, daß die Entzündung nur von Theilchen zu Theilchen fortschreitet. Bei Körnern kann die Flamme des Zündungsmittels durch die Zwischenräume zwischen den einzelnen Körnern, namentlich zwischen runden, durchfahren und mehrere Körner auf einmal entzünden, was bei Mehlpulver nicht möglich ist. Hieraus folgt aber andererseits, daß die Körnergröfse von Einfluss auf die Entzündung ist, denn je kleiner das Korn ist, desto schneller verbreitet sich durch dasselbe die Entzündung und theilt sich den nebenliegenden mit u. s. w., während bei grössern Körnern das Umgekehrte der Fall ist. Wenn daher ein sehr feinkörniges Pulver an mehreren Stellen zugleich entzündet wird, theilt sich die Entzündung viel schneller einer gewissen Menge mit, als bei grobkörnigem Pulver derselben Menge. Es wirkt also feinkörniges Pulver heftiger als grobkörniges, daher die Anwendung des letztern in schweren Geschützen, welche große Quantitäten Pulver als Ladung bekommen und nicht sehr elastische Wände haben, während das zähe Schmiedeeisen der kleinen Gewehre des feinkörnigen Pulvers plötzliche Gasentwicklung aushält.

*) Nach Piobert brannte in 1 Secunde von gekörntem Pulver eine Schicht von 5,2—8 Linien Dicke, von Mehlpulver eine Schicht von 3,6 Linien ab.

Die Praxis hat sich demnach dafür entschieden, grobkörniges Pulver für Geschütze und feinkörniges für Gewehre anzuwenden.

Form
der Körner.

§. 68. Die Frage über die Form der Körner ist in den meisten Ländern zu Gunsten der eckigen Gestalt entschieden, namentlich weil das runde Pulver das Volumen der Kartuschen vergrößert (wenn man gleiches Gewicht runden und eckigen Pulvers vergleicht), sich in den Kartuschen nicht fest genug schütteln läßt, und endlich weil bei großen Körnern eckiges Pulver sich durch die ganze Masse nicht so leicht entzünden läßt, also nicht so explosiv wirkt, wie rundes Pulver.

Zusammen-
setzung
des Staubes
vom Körnen.

§. 69. Bei der Operation des Körnens erleidet der Pulversatz keine wesentliche Mischungsveränderung und es kann daher mit Recht der Staub, welcher beim Körnen fällt und oft bis zu 40 p. C. vom Pulverkuchen beträgt, zu neuem Pulversatz (oder bei andern Operationen) mit hinzugefügt werden. Die Zusammensetzung dieses Staubes wurde im Mittel aus mehreren Analysen gefunden zu 74,17 p. C. Salpeter und 10,36 p. C. Schwefel.

Das
Sortiren.

§. 70. Das Sortiren der ungleich großen Pulverkörner geschieht in über einander gestellten Sieben, deren Geflecht aus Messingdraht besteht und in verschiedenen Sieben ungleichmaschig ist, auf eine ähnliche Weise wie das Körnen, nur mit dem Unterschied, daß das Schütteln durch Hand-, nicht durch Maschinen-Arbeit verrichtet wird, und daß auf dem schwebenden viereckigen Rahmen Sortirsiebe stehen.

Abgang beim
Sortiren.

§. 71. Der durch das unterste Sieb gefallene Staub, der Abgang beim Sortiren, welcher sich auf preussischen Fabriken bildet, enthält in 100 Th. 74,68 Th. Salpeter und 10,64 Schwefel, er weicht demnach in seiner Zusammensetzung von dem ursprünglichen Pulversatz nicht wesentlich ab. Es findet also beim Sortiren so wenig wie beim Körnen eine Veränderung des Mischungsverhältnisses statt.

6. Das Poliren.

§. 72. Das noch feuchte Pulver wird dem Poliren unterworfen. Man bringt ungefähr 4 Centner Pulverkörner in eine der Trommeln, wie sie zum Kleinen und Mengen (s. §. 53.) angewendet werden (nur sind keine Leisten darin und es geht keine Axe durch), und läßt die Trommel mehrere Stunden sich langsam um ihre Axe drehen, so daß sie in 1 Minute 12—16 Umgänge macht. Dabei rollen die Pulverkörner durch einander und schleifen sich gegenseitig ab. Um den Zweck dieser Operation zu erreichen, darf begreiflicher Weise die Trommel nicht zu sehr angefüllt sein und nicht zu schnell sich drehen. Eine sehr lange fortgesetzte Drehung verstärkt zwar den Glanz des Pulvers, macht dasselbe aber weniger entzündlich. Der beim Poliren sich bildende Abgang backt durch die Feuchtigkeit zusammen und bildet eine Kruste an den Wänden der Trommel. Die Temperatur in der Trommel steigert sich während der Operation bis zu 50° — 60° C., daher nimmt man gegen Ende derselben eine geringere Umdrehungsgeschwindigkeit.

§. 73. Wenngleich das Pulver durch Poliren an seiner Kraft verliert *), insofern es weniger plötzlich sich in seiner ganzen Masse zersetzt, als gleichartiges unpolirtes; so pflegt man doch in den meisten Fabriken, jedenfalls für die feineren Sorten, das Poliren nicht zu unterlassen, schon aus dem wichtigen Grunde der bessern Aufbewahrungsfähigkeit. Das unpolirte Pulver färbt sehr ab und die verpackten Körner geben durch gegenseitiges Zerreiben viel Staub; ein solcher Verlust, der auch mit theilweiser Entmischung verbunden ist, findet beim polirten Pulver nicht statt. Ferner wird durch das Poliren die Dichtigkeit des Pulvers vermehrt, namentlich wenn es ziemlich feucht dieser Operation unterworfen wird. So ist es z. B. in le Bouchet, wo die Dichte des Kornes

Zweck
des Polirens.

*) Nach Meyer verhält sich die Wurfweite des unpolirten Pulvers zu der des polirten wie 98 : 75.

von 0,81 (vor dem Poliren) bis zu 0,893 (nach 42stündiger Dauer des Polirens) zunahm; nach 4stündiger Dauer betrug sie 0,833, nach 8stündiger 0,846, nach 20stündiger 0,869. Dafs das Pulver durch das Poliren wesentlich an seinen hygroskopischen Eigenschaften verliere, hat sich durch neuere hier angestellte Versuche nicht bestätigt.

Zusammen-
setzung
der Kruste
in den Polir-
trommeln.

§. 74. Die Kruste, welche sich in den Polirtrommeln absetzt, hat nicht mehr die procentige Zusammensetzung des ursprünglichen Satzes. Sie enthält etwas weniger Salpeter, dagegen mehr Kohle und Schwefel, als der ursprüngliche Satz. Da sie nur einen geringen Bruchtheil von der ganzen Menge des polirten Pulvers ausmacht, so ist natürlich diese Entmischung von keiner grossen Bedeutung für die Beschaffenheit der Körner. Sie wird aber berücksichtigenswerth, wenn das Pulver in sehr feuchtem Zustande polirt wird. Man pflegt es daher vorher auch einige Stunden in der Sonne zu trocknen.

Das
Poliren in den
Fabriken an-
derer Länder.

§. 75. Die Polirvorrichtungen in den Fabriken anderer Länder bestehen gewöhnlich in hölzernen Tonnen (Rollfässer genannt), welche mit ungefähr 2 Centner Pulver zu $\frac{1}{3}$ ihres Inhalts angefüllt und zur Vermehrung der Reibung mit einigen Stäben inwendig durchzogen sind. Im Beginn der Arbeit machen die Fässer nur 9—10 Umdrehungen in der Minute, dann eine Zeitlang mehr als doppelt so viel, zuletzt etwas weniger als im Beginn. Die Dauer der Polirzeit ist für verschiedene Pulversorten verschieden: in Frankreich wird das in Trommeln gemengte und dann weiter verarbeitete feine Pulver (*Poudre royale* und das auf Walzmühlen dargestellte *Poudre de Chasse fine*) 24 Stunden polirt, noch feinere Sorten, auf Walzmühlen dargestellt, (*Poudre de chasse superfine*) 36—48 Stunden und (*Poudre royale*) 48—60 Stunden. In England wird Jagdpulver 12 Stunden lang, in Belgien 5 Stunden polirt. Das Kriegspulver polirt man in Frankreich und Rußland gar nicht, in Oesterreich, Preussen, England, Belgien und der Schweiz hat man das Poliren beibehalten. Der Zusatz von Graphit während des Polirens, der in Hol-

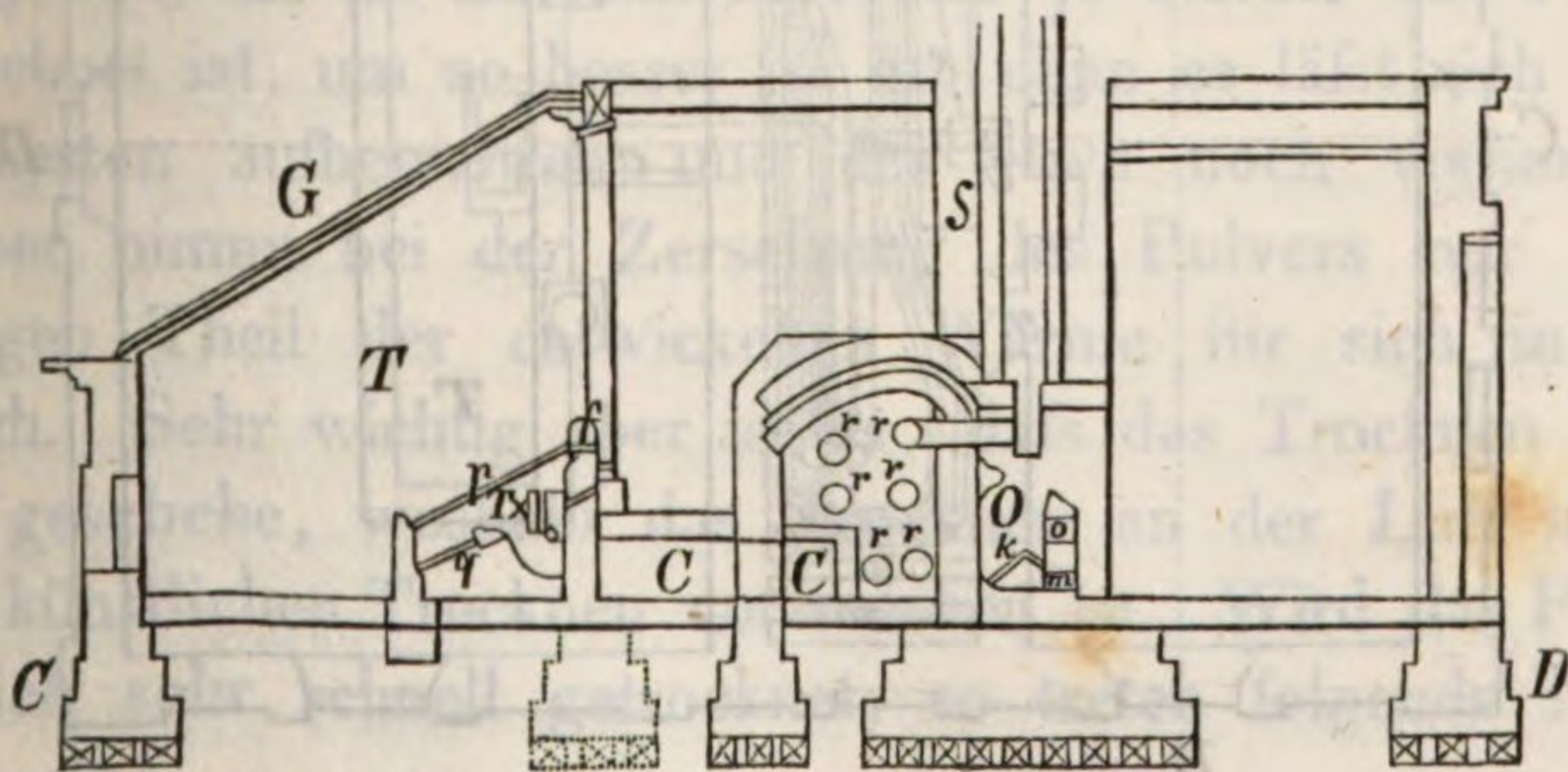
land noch üblich ist, scheint in den andern Fabriken aufgegeben zu sein, weil die Entzündlichkeit auf Kosten des Glanzes vermindert wird.

7. Das Trocknen.

§. 76. Das gekörnte Pulver enthält so viel Feuchtigkeit, daß es bei unmittelbarer Anwendung nur schlechte Wirkung geben würde. Es muß daher zuvor getrocknet werden. Früher geschah dies blos durch Aussetzen des in dünne Schichten ausgebreiteten Pulvers an die Luft, oder in die directe Sonnenwärme. Für Fabriken, die nur geringe Mengen Pulver jährlich darstellen, und in günstigen Klimaten ist diese Methode auch ausreichend. Bei starker Produktion aber bedient man sich künstlicher Trockneneinrichtungen. Eine solche ist auch auf den preussischen Fabriken üblich und zwar beruht sie auf dem Princip des Trocknens durch heiße Luft. Es wird dies dadurch bewerkstelligt, daß man die kalte Luft durch mit Wasserdämpfen geheizte Kupferrohren hindurchtreibt und sie dann in einen Raum treten läßt, der dem in Fig. 29. *T* abgebildeten sehr ähnlich ist.

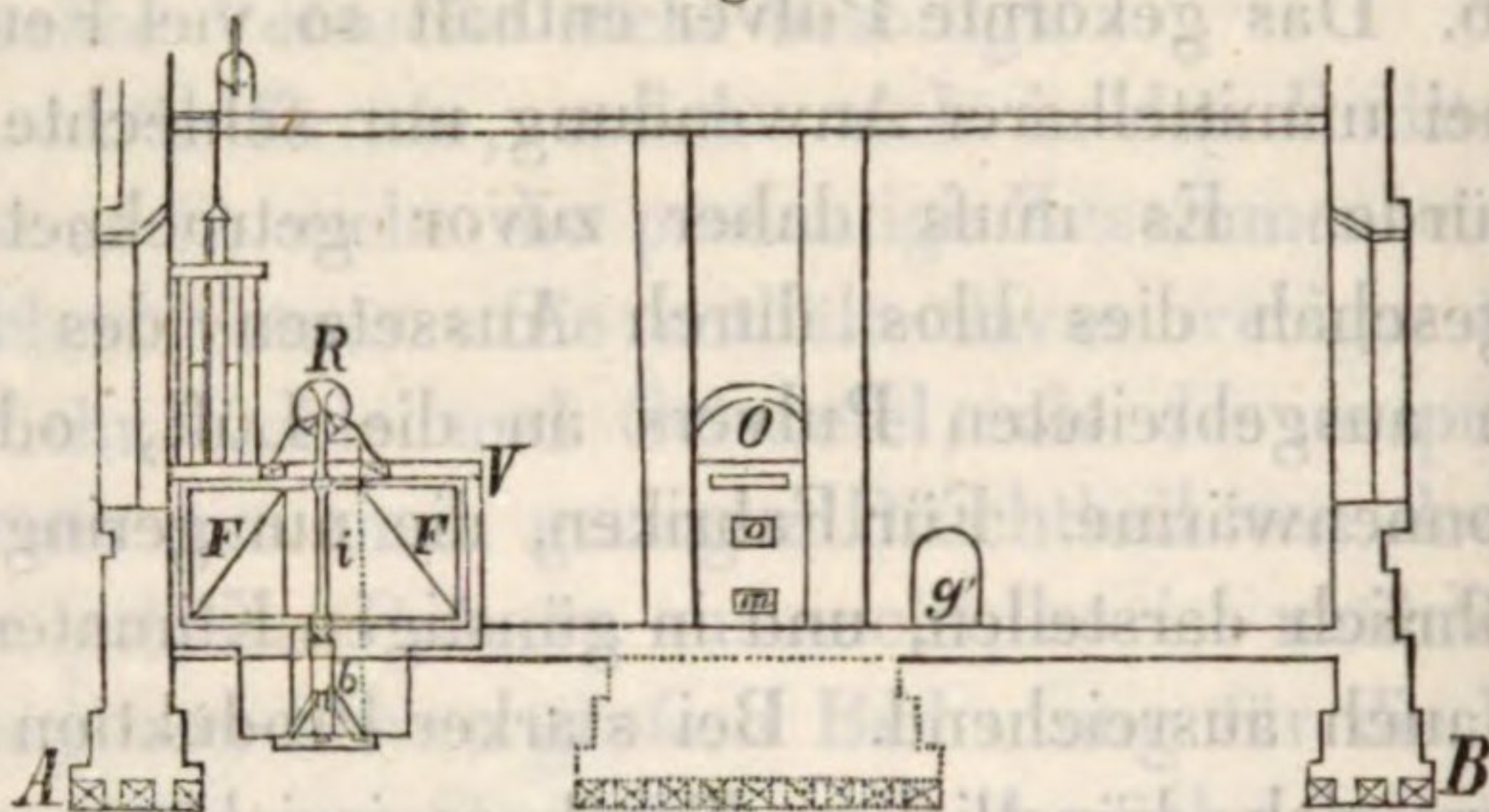
Das Trocknenhaus der Fabrik in Esquerdes, welches noch jetzt ähnlichen Einrichtungen häufig als Vorbild dient, besteht aus 3 Abtheilungen: dem Ventilatorraum, dem Heizraum und Trockenraum. Das Brennmaterial wird durch die Thür *o* auf den schiefen Rost *k* des Ofens *O* (Fig. 29.)

Fig. 29.



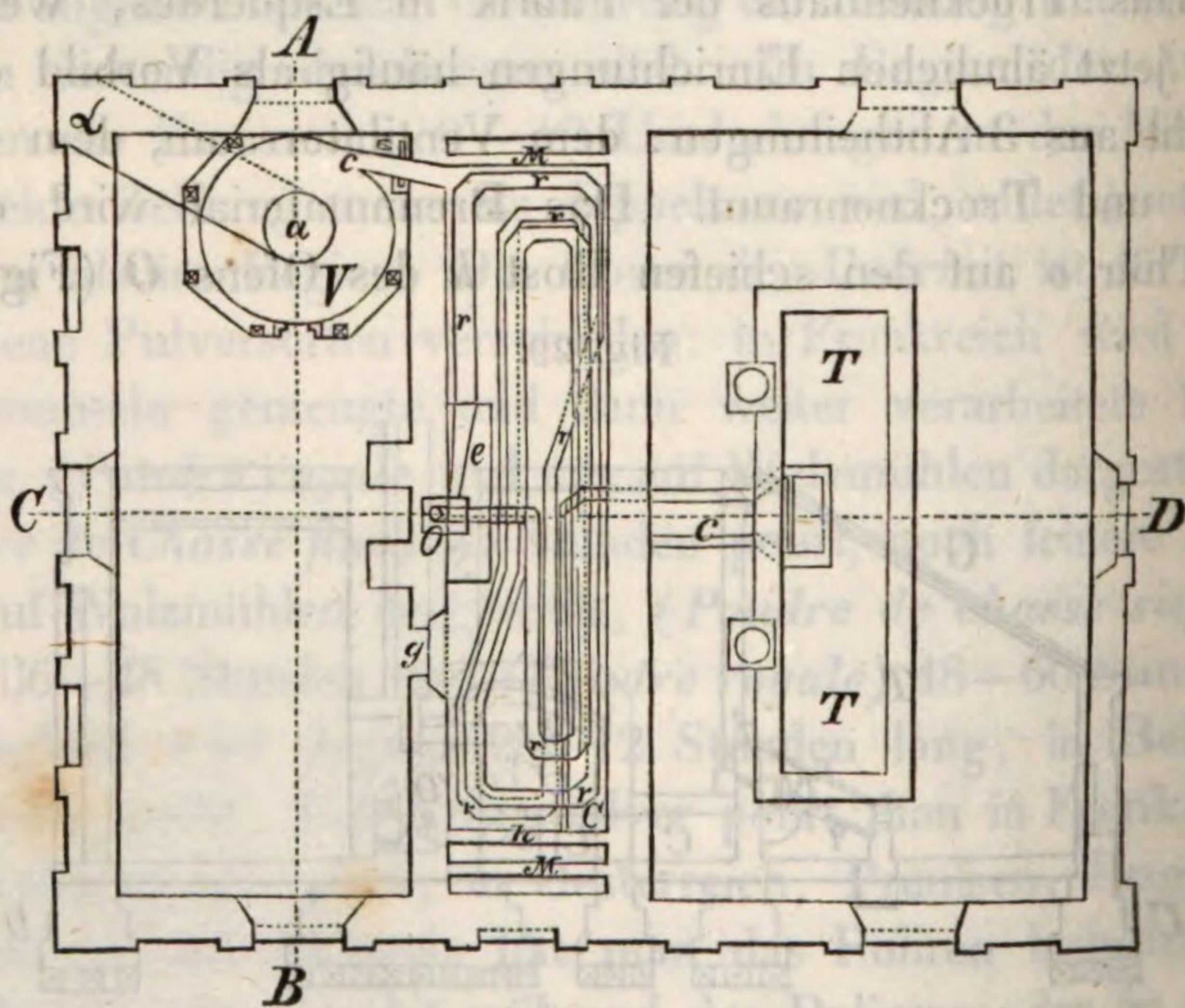
eingetragen, die Luft strömt durch die Thür *m* ein. Zur vollkommenern Verbrennung, namentlich wenn statt glühender Kohlen Holz angewendet wird, kann man durch die über *o* befindliche Oeffnung (Fig. 30.) Luft in die

Fig. 30.



Canäle einströmen lassen. Die Verbrennungsprodukte gehen zuerst in den Canal *O* (Fig. 31.), hinter welchem eine eiserne Trommel zur Aufnahme der mitgerissenen Asche sich befindet, durchströmen die Röhren *r*, welche in dem mit Wölbungen construirten Heizraum *C* liegen, und ent-

Fig. 31.



weichen in den Schornstein *S* (Fig. 29.). Der aus eisernen mit geölter Leinwand bespannten Rahmen *F* bestehende Ventilator in dem Gehäuse *V* (Fig. 30.), der durch eine am Rad *R* angebrachte Kurbel bewegt wird, saugt aus dem unterirdischen mit der Luft in Verbindung stehenden Canal α (Fig. 31.) Luft ein und treibt sie durch den Canal *c* in den von den Röhren *r* durchzogenen Raum *C* (Fig. 31.) und durch den Canal *C* in den Trockenraum *T* (Fig. 29.). Dieser enthält einen gemauerten Kasten mit Boden aus Fayenceplatten *q* und hölzerner Einfassung *f*, auf welcher die Stäbe *p*, die den Rahmen eines Drahtgeflechts bilden, liegen. Das geneigte Dach *G* dieses Zimmers besteht aus Glas, ruht auf eisernen Schienen, und kann durch Leinwand überdeckt werden. Um die brennglasähnliche Wirkung mancher Stellen im Glasfenster zu verhüten, überzieht man letztere mit einem dünnen Firnis. Das Pulver, auf Flaneldecken ausgebreitet, wird auf den Rahmen *p* gelegt, die Klappe *x* mittelst einer Schnur von der Oeffnung des Canals *C* weggehoben und nun strömt die warme Luft durch das Pulver durch. Die Temperatur des Heizraums wird durch ein hinter dem Glasfenster der Thür *g* (Fig. 31.) hängendes Thermometer beobachtet. Sie beträgt im Trockenkasten 60—70° C. Aehnliche Anstalten hat man in England, nur wendet man hier Heizung durch Wasserdampf an. Am meisten hat die Methode Eingang gefunden, comprimirt Luft durch Röhren strömen zu lassen, welche mittelst Dampf geheizt werden.

§. 77. Es ist einleuchtend, daß je stärker das Pulver getrocknet ist, um so besser ist es, denn es läßt sich dann am besten aufbewahren und das etwa noch vorhandene Wasser nimmt bei der Zersetzung des Pulvers nur einen geringen Theil der entwickelten Wärme für sich in Anspruch. Sehr wichtig aber ist es, daß das Trocknen langsam geschehe, weshalb das Trocknen an der Luft immer dem künstlichen Trocknen vorzuziehen ist. Wird das Pulver nämlich sehr schnell getrocknet, so treten folgende Nachteile ein:

Wichtigkeit
des
Trocknens.

Nachtheile
zu schnellen
Trocknens.

1) es zieht sich aus dem Pulver, namentlich wenn dasselbe sehr feucht und nicht polirt ist, mit dem entweichenden Wasser Salpeter auf die Oberfläche des Kornes und die Körner backen sehr zusammen;

2) es bilden sich durch den entweichenden Wasserdampf Canäle in den Körnern, welche die Dichtigkeit derselben vermindern und eine grössere Oberfläche hervorbringen, also auch die Ursache einer grössern Hygroskopie werden;

3) liefert ein schnell getrocknetes Pulver mehr Abgang beim Ausstäuben.

Aus dieser Ursache pflegt man daher auch in den Fabriken, in welchen das Trocknen durch künstliche Wärme üblich ist, doch vorher das Pulver eine kurze Zeit in luftigen und warmen Räumen einer Lufttrocknung zu unterwerfen, und dann findet bei langsamer künstlicher Trocknung gar kein Abgang statt.

8. Das Ausstäuben.

Verfahren.

§. 78. Das getrocknete Pulver wird vor dem Verpacken von seinem Staube befreit. Dies geschieht in langen schief aufgehängten Zwillich-Säcken, welche ähnlich wie bei den Mahlmühlen eine schüttelnde Bewegung erhalten und den Staub durch ihre feinen Oeffnungen fallen lassen, während die Pulverkörner in eine vor der halbgeschlossenen untern Oeffnung des Sacks gestellte Kufe fallen.

Abgang dabei.

§. 79. Der Abgang bei dieser Operation, welcher ungefähr nur $\frac{1}{7}$ p. C. von dem angewendeten Pulver beträgt, hat eine von dem Mischungsverhältniß des Satzes sehr verschiedene Zusammensetzung; er enthält nämlich nur 11,6 p. C. Salpeter, 14,48 p. C. Schwefel und ist also sehr reich an Kohle. Er kann daher nicht, wie die Abfälle von den frühern Operationen zu neu zu verarbeitendem Satz hinzugefügt werden, sondern man laugt aus ihm nur den Salpeter aus.

Zusammen-
setzung
desselben.

Erhaltung
des
ursprüngl.

§. 80. Untersucht man von ein und demselben Pulversatz das in verschiedenen Fabrikationsstadien gelieferte Produkt in Bezug auf das ursprünglich angewandte Mischungs-

verhältniß, so findet man letzteres sowohl während der einzelnen Operationen, als auch am Ende von allen nur unbedeutend verändert, wenigstens bei dem in den preussischen Fabriken üblichen Fabrikationsverfahren. Die drei Bestandtheile des fertigen Pulvers verhielten sich zum ursprünglichen Satz so, daß in ersterem Kohle und Schwefel weniger und Salpeter mehr enthalten war. Bezeichnet man mit + den Ueberschuß und mit — das Fehlende am ursprünglichen Satz, so war das procentige Verhältniß an

	Salpeter	Schwefel	Kohle
im fertigen Pulver	+ 0,49	— 0,28	— 0,21
derselbe Pulversatz nach dem Mengen	+ 0,03	+ 0,13	— 0,16
als Pulverkuchen	— 0,40	+ 0,25	+ 0,15
nach dem Körnen	— 0,34	+ 0,38	— 0,04
nach dem Lufttrocknen	— 0,06	+ 0,20	— 0,14
nach dem Poliren	+ 0,43	— 0,27	— 0,16

Es versteht sich übrigens von selbst und bedarf wohl kaum der Erwähnung, daß die bisher angeführten Zahlen für die Zusammensetzung der Abfälle bei verschiedenen Operationen sich nur auf ein bestimmtes Satzverhältniß bei einem bestimmten Verfahren der Bearbeitung beziehen.

§. 81. Was die äußern leicht wahrnehmbaren Eigenschaften eines guten Pulvers anlangt, so sollen sie folgende sein: eine schwarzblaue Farbe (sogen. Schieferfarbe), Freisein vom Staub und gehöriger Zusammenhalt, so daß es beim Rollen über weißes Papier nicht abfärbt, Gleichförmigkeit der Mischung, so daß man auf der Oberfläche des Korns nicht besondere helle Flecken wahrnehmen darf, und angemessene Dichtigkeit, so daß die einzelnen Körner sich nicht zu leicht zerdrücken lassen. Das gehörige Mischungsverhältniß beurtheilt man nach der Schnelligkeit des Abbrennens, wobei, wenn es in freier Luft in einer Porzellanschale oder auf einem Bogen Papier geschieht, ein kaum bemerkbarer Rückstand bleiben darf. Endlich darf die Hygroskopie des Pulvers nicht bedeutend sein, was einen Fehler in der Wahl des Quantum der Kohle oder des Verdichtens oder des

Satzverhältnisses.

Eigenschaften des Pulvers.

Trocknens andeuten würde. Das oben erwähnte Merkmal für die Farbe kann natürlich nicht für ein Pulver gelten, welches aus braunrother Kohle dargestellt ist. Gutes trocknes Pulver (aus preussischen Fabriken untersucht) enthielt selten über 0,5 p. C. Feuchtigkeit. Man verlangt, daß es nicht über 1,5 p. C. aus der Luft anziehe.

Am leichtesten entzündet sich das Pulver durch glühende Körper, z. B. einen Funken, durch brennende Flammen, heiße Gase, glühende Drähte. Es kann auch durch Stofs und Schlag, und zwar am leichtesten von Eisen auf Eisen, Eisen auf Messing, und Messing auf Messing entzündet werden, weniger leicht von Blei auf Blei, und Blei auf Holz, am schwierigsten von Kupfer auf Kupfer oder Kupfer auf Bronze. Bei schnellem Erhitzen in einem luftgefüllten Gefäß entzündet sich sehr feinkörniges Pulver schon bei ungefähr 350° , bei langsamen Erhitzen erst dann, wenn das entweichende Schwefelgas sich entzündet hat; in luftleeren Gefäßen kann man durch langsames vorsichtiges Erhitzen den Schwefel vollkommen abdestilliren, ohne daß das Pulver sich entzündet, bei schnell gesteigerter Temperatur zersetzt sich aber auch im luftleeren Raum das Pulver plötzlich.

Der Grad der schnellen Zersetzbarkeit ist ein hauptsächliches Merkmal für die Güte des Pulvers. Bei seiner Anwendung zu artilleristischen Zwecken hat jedoch auch diese gute Eigenschaft seine Grenze, indem bei einem hohen Grade der Entzündlichkeit schädliche Einwirkungen auf die Wände der großen Geschütze ausgeübt werden (s. ob. §. 39.).

Zersetzungs-
produkte
des Pulvers.

Bei regelmässiger und vollkommener Zersetzung des Pulvers, welches aus 1 At. $\text{K}\ddot{\text{N}}\text{3C1S}$ besteht, sollten die Zersetzungsprodukte nur aus Schwefelkalium, Kohlensäure und Stickstoff bestehen. Dies ist jedoch nie der Fall; denn der Versuch lehrt, daß stets einige unzersetzte Pulverkörner beim Schiessen aus Gewehren mit herausgeschleudert werden, und andererseits, daß nicht nur die Mengen der Gase, die aus zersetztem Schießpulver erhalten wurden, sehr ver-

schieden sind, sondern auch die chemische Zusammensetzung derselben. Es erhielten z. B.

Gay-Lussac aus 1 Maß Pul. (1 Lit. v. 900 Gr. Gew.) 450 M. Gas

Brianchon - 1 - - 400 - -

Saluces - 1 - - 264 - -

Hawksbee - 1 - - 232 - -

Nach Gay-Lussac bestanden 100 Theile des Pulvergases aus 53 Kohlensäure, 5 Kohlenoxyd und 42 Stickstoff, nach Chevreul aus 45,41 Kohlensäure, 37,53 Stickstoff, 4,87 Kohlenoxyd, 8,1 salpetrige Säure (?), 3,5 Kohlenwasserstoff und 0,59 Schwefelwasserstoff*).

Nicht minder wechselt die chemische Zusammensetzung des Rückstandes nach der Verbrennung des Pulvers. Er besteht hauptsächlich aus Schwefelkalium, enthält aber auch noch schwefelsaures oder kohlensaures Kali, oder beides.

Aus der Zusammensetzung der Pulvergase, wie sie für die chemische Untersuchung erhalten wurden, läßt sich aber kein richtiger Schluß auf die Zusammensetzung dieser Gase machen, wenn sie unter den gewöhnlichen Verhältnissen in den Schießgewehren sich bilden. Die Zersetzungsprodukte des Pulvers sind anders, wenn die Zerlegung im luftleeren Raume oder unter einem gewissen Druck, wie dem des Projektils in Geschützen, vor sich geht. Davon hängt auch die Wirkung der Pulvergase mit ab. Wie sehr diese unter Umständen bei derselben Menge zur Verbrennung dienenden Pulvers verstärkt werden kann, erhellt aus der bekannten Thatsache, daß eine Ladung von einer gewissen Stärke ein Gewehr sprengt, wenn der Pfropf nicht fest auf die Ladung gesetzt wird, also ein Theil Luft, durch die bei der Zersetzung entwickelte Wärme stark ausgedehnt, mitwirkt und überdies eine größere Fläche dem ausgedehnten Gase dargeboten

*) Gay-Lussac zersetzte das Pulver in einer glühenden Röhre, Chevreul in einer mit Quecksilber gefüllten Glocke. Es ist aber von beiden Experimentatoren nicht angeführt, wie das zum Versuch angewendete Pulver zusammengesetzt war.

wird; während dieselbe Ladung bei festem Aufsetzen des Pfropfes das Gewehr nicht sprengt. Bekanntlich macht man von dieser Mitwirkung der Luft bei Sprengung gewaltiger Felsmassen sehr vortheilhafte Anwendung.

Untersuchung
des Pulvers.

§. 82. Aus den bei den einzelnen Operationen der Pulverbereitung angestellten Erörterungen sowohl, als aus verschiedenen andern Gründen ergibt sich das Bedürfnis einer Untersuchung des Pulvers nach mehreren Richtungen. Die chemisch-physikalische Prüfung besteht in der quantitativen Ermittlung der 3 Bestandtheile und in der Bestimmung des specifischen Gewichts; die rein artilleristische Prüfung ermittelt die Wurfweite (Kraftproben), die relative Entzündlichkeit, die Transportfähigkeit.

Chemische
Analyse.

§. 83. Die chemische Untersuchung wird am zweckmässigsten auf folgende Weise angestellt:

Das
Trocknen.

Man trocknet ungefähr 10—15 Grmm. der Pulverkörner unter der Luftpumpe über Schwefelsäure 4—5 Stunden lang, indem man von Zeit zu Zeit den Raum luftleer macht. Oder man füllt das zu trocknende Pulver in den oben beschriebenen Trocknenapparat (§. 44.) und erwärmt es in einem Wasserbade bei 80—90° so lange als noch ein Anflug von Wasser in der Röhre *b* bemerkbar ist. Soll Pulver in der Form von Kuchen oder aus Röhren, in die es gepreßt war, untersucht werden, so muß es vor dem Trocknen fein zertheilt werden.

Bestimmung
des
Salpeters,

Von dem getrockneten Pulver schüttet man 10—12 Grmm. in einen Mörser, befeuchtet sie mit wenig Wasser und zerreibt sie zu einem feinen Brei, welcher vorsichtig und vollständig auf ein Filtrum gebracht und hier mit heißem Wasser so lange ausgewaschen wird, als noch ein Tropfen der durchlaufenden Flüssigkeit beim Verdunsten auf Platinblech einen festen Rückstand läßt. Die wässerige Lösung wird bei mäßiger Wärme über freiem Feuer vorsichtig eingedampft, damit nichts verspritzt, wenn etwas Salz anfängt sich auszuscheiden, mit einem Platinspatel fortdauernd umgerührt und die trockne Masse allmählig in einem Sandbade bis 150°

oder 200° erhitzt. Das Gewicht derselben ist der Salpeter, welcher in dem angewendeten Pulver enthalten war, nebst den etwaigen löslichen Salzen, welche er und die Kohle in unerheblicher Menge enthielten.

Ungefähr 1,5—2 Grmm. des getrockneten Pulvers werden in einem langhalsigen Glaskolben mit reiner Salpetersäure von 1,42 sp. G. übergossen und etwas chlorsaures Kali zugefügt. In die Oeffnung des Kolbens steckt man einen Trichter und erhitzt

des
Schwefels.

Fig. 32.



die Flüssigkeit im Kolben zum Sieden. Hat nach einiger Zeit die starke Gasentwicklung aufgehört, so trägt man wieder eine kleine Menge chlorsauren Kali's, und wenn die Flüssigkeit sich verringert hat, etwas Salpetersäure ein und fährt mit dem Erhitzen fort bis die Flüssigkeit durchsichtig und gelblich gefärbt ist. Dann haben sich die Kohle und der Schwefel vollständig oxydirt. Man

gießt die Lösung in ein Glas, verdünnt sie mit dem Drei- bis Vierfachen ihres Volums an heißem Wasser und setzt von einer Chlorbariumlösung so lange hinzu, als noch Trübung entsteht. Der ausgeschiedene schwefelsaure Baryt wird auf einem Filter mit heißem Wasser völlig ausgewaschen, getrocknet, geglüht und aus seinem Gewicht für je 100 Th. desselben 13,75 Th. Schwefel berechnet.

Die Kohle ergibt sich demnach aus dem Verlust. Sie läßt sich, wie viele Versuche ergaben *), nicht direct ermitteln, ohne in gröbere Fehler zu verfallen, als die eben angegebene Methode mit sich bringt.

§. 84. Beim specifischen Gewicht des Pulvers kann man ein doppeltes unterscheiden, wir wollen das eine das absolute und das andere das relative spec. Gew. nennen.

Spec. Gew.

Das absolute spec. Gew. ist das Mittel aus dem spec. Gew. seiner drei Bestandtheile in dem Gewichtsver-

Das
absolute

*) Vgl. Meine Abhandlung über die Analyse des Schießpulvers im Archiv für die Offiz. etc. von Hein und From. 1846, Maiheft.

specifische
Gewicht.

hältniß ihrer Mengung, gleichgültig unter welcher Form sich dieselben darstellen, ob als feines Pulver, oder als Kuchen, oder als Körner. Man ermittelt dieses spec. Gew. auf die gewöhnliche Weise, wie die spec. Gew. anderer fester Substanzen genommen werden, durch Wägen einer bestimmten Gewichtsmenge vollkommen getrockneten Schießpulvers in einer Flüssigkeit, in welcher jeder der Bestandtheile des Pulvers unlöslich ist. Diese Anforderung erfüllt am besten der möglichst wasserfreie Alkohol von einem spec. Gew. $= 0,794$ oder $0,798$. Man füllt ein mit mattgeschliffener Glasplatte oder eingeriebenem Glasstöpsel verschließbares 100Grammfläschchen mit solchem Alkohol, bestimmt das Gewicht des Fläschchens und des Alkohols, schüttet alsdann die gewogene Pulvermenge in den Alkohol und läßt beide lange genug stehen, bis keine Luftblasen mehr entweichen, oder besser man stellt das mit Alkohol und Pulver gefüllte Gefäß unter die Glocke der Luftpumpe und entleert. Dann ermittelt man das Gewicht des sorgfältig abgetrockneten und verschlossenen Fläschchens nebst Inhalt und erfährt hierdurch die Menge des verdrängten Alkohols, also aus dem absoluten Gewicht des Pulvers, dividirt durch seinen Gewichtsverlust im Alkohol, das spec. Gew. des Pulvers zu Alkohol, und es kann alsdann die Reduction dieses spec. Gew. auf das des Wassers leicht geschehen, indem der Quotient der eben erwähnten Division mit dem spec. Gew. des Alkohols multiplicirt wird.

Für die Praxis und für die Folgerungen, welche man aus dem spec. Gew. für die etwaigen Aenderungen des Dichtigkeitszustandes des Pulvers ziehen will, ist natürlich das absolute spec. Gew. von keinem Werth, weil es bei demselben Pulversatze stets dasselbe ist. Es erleidet ja während der mechanischen Verarbeitung zu Pulver keiner der drei Bestandtheile für sich eine Veränderung seines spec. Gew., und man wird daher in der Regel von der Bestimmung des absoluten spec. Gew. des Pulvers keinen Gebrauch machen.

§. 85. Das relative spec. Gew. soll die Dichtigkeit des Schießpulvers in irgend einer zusammenhängenden compacten Gestalt einschliesslich der in den Poren dieser Gestalt enthaltenen Luft angeben. Auf der grössern oder geringern Porösität eines Pulverkorns beruht dessen grössere oder geringere Dichtigkeit und in dieser Beziehung wird es nicht sowohl zwischen verschiedenen Pulversorten, sondern auch zwischen verschiedenen Fabrikationsprodukten ein und desselben Pulversatzes verschiedene spec. Gewichte geben, je nachdem der Pulversatz durch die verschiedenen Operationen eine Veränderung der Dichtigkeit erleidet. Es ist also das relative spec. Gew. eine Zahl, welche von dem absoluten spec. Gewicht und der eingetretenen Verdichtung während der mechanischen Verarbeitung des Pulvers bedingt wird. Es leuchtet von selbst ein, dass diese Zahl keinen absoluten Werth hat, dass sie nur zu Vergleichen zwischen verschiedenen Produkten eines und desselben Pulversatzes oder zwischen Pulversorten, deren Zusammensetzung man genau kennt, dienen kann. Dazu ist sie aber von grossem Werth, denn sie klärt namentlich das Verhalten des Pulversatzes bei den verschiedenen Operationen während der Verarbeitung desselben auf. Es hat sich z. B. durch Versuche gezeigt, dass lange fortgesetztes Mengen in Tonnen den Pulversatz auflockert, dass der Druck einfacher Walzenpressen nicht hinreichend verdichtet, dass der Pulverkuchen durch Wasserpressen das höchste spec. Gew. bekommt, dass das Körnen in Sieben mit hölzernen Scheiben die Dichtigkeit des gekörnten Pulvers nicht vermehrt, dass das Trocknen, Poliren und Ausstauben von keinem Einfluss auf das spec. Gew. des Pulvers ist, dass aus ein und demselben Pulverkuchen angefertigte Pulversorten mit abnehmender Grösse des Kornes eine zunehmende Dichtigkeit bekommen bis zu einer gewissen Grenze. Es folgt also daraus, dass bei Untersuchung von verschiedenen Pulversorten die Körnergrösse derselben unter einander gleich sein muss.

Das
relative
spec. Gew.

Ermittelung
des
relativen
spec. Gew.

§. 86. Nach vielen Versuchen über die beste Methode zur Ermittlung des relativen spec. Gew., welche alle die Unanwendbarkeit der Stereometer oder Volumenometer für diesen Zweck erwiesen, ist man in der Pulverfabrik zu Spandau bei der Anwendung des Alkohols stehen geblieben. Man bedient sich einer in $\frac{1}{60}$ Cubikzoll getheilten ungefähr $\frac{1}{2}$ Zoll weiten Glasröhre, in welche wasserfreier oder fast wasserfreier Alkohol gegossen und dann das vorher gewogene, vollkommen getrocknete Pulver durch einen lang- und weithalsigen Trichter eingefüllt wird. Die Differenz zwischen dem Stande des Alkohols vor und kurz nach der Eintragung des Pulvers giebt das spec. Gew. des letztern an. Das Ablesen geschieht sogleich, nachdem die Oberfläche des Alkohols zur Ruhe gekommen, und man geht bei dieser Methode von der Voraussetzung aus, daß in den ersten Momenten nach Einschütten des Pulvers noch keine Luft aus den Poren der Pulverkörner verdrängt wird, während dies zwischen den einzelnen Körnern der Fall ist. In der That sieht man auch erst nach längerem Verweilen des Pulvers im Alkohol eine große Menge Luftblasen nach und nach entweichen. Wenn dieses Verfahren auch auf keine absolute Genauigkeit Anspruch machen darf, so erfüllt es doch bei Anwendung von gehöriger Sorgfalt und Gleichmäßigkeit in verschiedenen Proben für jene relativen Bestimmungen seinen Zweck. Das zu untersuchende Pulver trocknet man unter der Luftpumpe oder im Wasserbade und läßt es dann unter einer Glocke mit Schwefelsäure eine Zeit lang stehen. Die Röhre, welche 7 Cubikzolle Inhalt hat, füllt man nur bis zu 2 Cubikzoll mit Alkohol an und wählt dann ungefähr 1 Loth Pulver in Kuchen oder Körnern, oder bis zu 3 Cubikzoll Alkohol für 1 Loth Pulversatz.

Das
cubische
Gewicht.

§. 87. Einen Aufschluß über die verschiedene Form und Gröfse der Körner und deren äußerliche Beschaffenheit (ob geglättet oder nicht) giebt das Gewicht des nach einer gewissen gleichmäßigen Art in ein bekanntes Hohlmafs geschütteten Pulvers, welches man cubisches Gewicht

nennt. Die Zahl, welche das cub. Gew. angiebt, wird also ausgemacht durch das absolute und relative spec. Gew. und eine Zahl, welche angiebt, wie viel von einem gewissen Pulver einen gegebenen Raum ausfüllt. Dies letztere hängt bei sonst gleicher absoluter und relativer Dichtigkeit von der Form der Körner ab, ob sie rund oder eckig sind, kleiner oder gröfser, gleichmäfsig oder ungleichmäfsig, ferner von der äufsern Beschaffenheit, ob sie staubfrei oder sehr staubig, polirt oder nicht geglättet sind. Freilich ist dabei vorausgesetzt, dafs die Vertheilung des Pulvers in dem Hohlmafs bei verschiedenen Proben immer gleichmäfsig sei, und man sucht dies durch vorgeschriebene Methoden während der Einfüllung, die über der Mitte des Hohlmafses von derselben Höhe aus durch einen Trichter geschieht, zu erreichen. Es ist besonderer Werth auf diese Sorgfalt bei Ermittlung des cubischen Gewichts zu legen, weil es hier hauptsächlich auf die Anlagerung der Körner neben einander ankommt, da das cubische Gewicht hauptsächlich von der Anzahl und Gröfse der Zwischenräume zwischen den Pulverkörnern abhängt.

Da das Mafs, in welchem das cubische Gewicht des Pulvers gewöhnlich bestimmt wird, ein Cubikfufs (= 66 Pfd. Wasser) ist, so könnte man ähnlich wie beim spec. Gew. auch das cub. Gew. durch Zahlen ausdrücken, welche auf das Gewicht eines Cubikfufses Wasser als Einheit sich beziehen. Wöge z. B. ein Cubikfufs Pulver 60 Pfd., so wäre sein cub. Gew. = 0,909, denn $66 : 60 = 1 : 0,909$...

§. 88. Dafs das spec. Gew. in nahem Zusammenhang mit dem cub. Gew. stehe, leuchtet von selbst ein, es ist aber auch eben so leicht begreiflich, dafs Pulversorten von gleichem spec. Gew. nicht ein und dasselbe cub. Gew. zu haben brauchen, ja sogar nie haben werden, wenn die Körnergröfse derselben sehr verschieden ist. Beim Vergleich mehrer Pulversorten unter einander in Bezug auf ihr spec. und ihr cub. Gew. ist daher gleiche Körnergröfse vor allen Dingen erforderlich, eben so auch Gleichartigkeit der Körner; man darf

Zusammenhang des spec. mit dem cub. Gewicht.

nicht rundes mit eckigem Pulver vergleichen. Folgende Versuche zeigen am besten, daß Pulversorten von gleichem cub. Gew. nicht gleiches spec. Gew. haben. Es hatten

	cub. Gew. (1 Cubf. in Pfund.)	spec. Gew.
Geschützpulver von Neisse (ordin.) . .	60	1,77
- - - (neue Fabr.) .	60	1,67
- - Berlin (neue Fabr.) .	60	1,63
- - Rußland (ordin.) . .	$60\frac{5}{16}$	1,56
- - Bern (No. 6.) . . .	$59\frac{3}{8}$	1,67
Gewehrpulver von Berlin (neue Fabr.) .	60	1,63
- - Bern (No. 4.) . . .	$60\frac{5}{8}$	1,67
- - Hounslow	59	1,72
Pirschpulver von Berlin (alte Fabr.) . .	62	1,77
- - le Bouchet	$59\frac{1}{4}$	1,87
Sehr grobkörnig. Pulver, niederländ. (ordin.)	$60\frac{3}{16}$	1,87
- - - österreichisches .	$64\frac{3}{8}$	1,72

Offenbar wird außer von dem richtigen Satzverhältniß und der gehörigen Trockenheit die Wirkung eines Schießpulvers hauptsächlich durch sein spec. und cub. Gewicht bedingt. Denn je mehr an Gewicht von einer spec. schweren Pulvermasse zufolge der zweckmäßigen Körnergestalt in einen gegebenen Raum sich füllen läßt, um so mehr Gas erhält man bei der Zersetzung des Pulvers aus diesem Raum. Daß sich aber dieser Grundsatz wegen der Schwerentzündlichkeit einer sehr dichten Pulvermasse nicht in seiner größten Consequenz ausführen läßt, lehren ja die Raketen und ist auch schon oben (§. 62.) auseinander-gesetzt. Daher kommt es auch, daß nicht selten ein Pulver von geringerem spec. und cub. Gew. bessere Wirkung äußert, als ein anderes von größerem spec. und cub. Gew. bei sonst gleicher Zusammensetzung und Trockenheit, wenn die Körnerform des erstern so beschaffen ist, daß der Zersetzungsproceß sich schnell durch die ganze Masse fortpflanzen kann, während dies bei letzterem nicht der Fall ist.

§. 89. Es ist schon oben (p. 78.) angeführt, dass die Zersetzung des Pulvers nie so vor sich geht, wie es die Theorie verlangt. Es besteht daher auch der Rückstand des zersetzten Pulvers niemals blos aus Schwefelkalium, sondern auch aus andern Salzen, namentlich jedoch aus schwefelsaurem und kohlensaurem Kali. Bei der Untersuchung des Pulverrückstandes, in Wasser gelöst, wird man stets auch unterschwefligsaures Kali finden und die Entstehung dieses Salzes ist wegen der schnellen Oxydation des Schwefelkaliums an der Luft leicht erklärlich (Abth. I. §. 160.). Es hängt aufer von der Reinheit der Materialien, die zur Bereitung des Pulvers dienen, wesentlich von deren procentiger Zusammensetzung ab, ob der Rückstand des zersetzten Pulvers vorzugsweise aus Schwefelkalium bestehen werde. Je mehr der Pulversatz von dem Mischungsverhältniß $1 \text{ K} \ddot{\text{N}}$, 3 C und 1 S abweicht, um so weniger wird der Rückstand aus Schwefelkalium bestehen. Enthält der Satz mehr Kohle und weniger Schwefel, so wird der Rückstand hauptsächlich kohlensaures Kali, und ist er reicher an Salpeter und ärmer an Schwefel und Kohle, so wird er vorzugsweise schwefelsaures Kali beigemennt enthalten. In beiden Fällen treten aber auch schwefelsaures und kohlensaures Kali neben Schwefelkalium auf, weil so manche andere Umstände bei der Verbrennung des Schießpulvers einen Einfluss äußern, den wir bis jetzt kaum annäherungsweise zu schätzen vermögen, z. B. die Gröfse und Form des Korns, die relative Trockenheit des Pulvers, die Gestalt des Raums, in welchem das Pulver verbrannt wird, die Wärmeleitung der Wände desselben u. a. m. Das beste Pulver läfst bei der Verbrennung in freier Luft fast gar keinen Rückstand, und beim Verbrennen in den Geschützen einen geringen; aber nicht immer ist ein solches Pulver das beste zu nennen, weil es zufolge seiner plötzlichen Gasentwicklung (durch welche der Rückstand aus dem Geschütz herausgeschleudert wird) für letzteres sehr nachtheilig ist. Da nun beim Verbrennen des Pulvers ein Antheil des Rückstandes stets fortgeschleu-

Der
Rückstand
des Pulvers
nach der
Verbrennung.

dert wird, so kann man beim Vergleich mehrer Pulversorten nur von dem relativ geringsten Rückstand sprechen.

Pulver-
schleim.

Je weniger Rückstand von einem Pulver bleibt, desto vollständiger fand seine Zersetzung statt und man kann hieraus auf eine der Theorie am besten entsprechende Zusammensetzung neben andern günstigen Eigenschaften (wie zweckmäßige Körnerform und hinreichende Trockenheit) schließen; man sollte daher auch auf eine der Theorie am meisten entsprechende Zusammensetzung des Rückstandes schließen. In der That besteht der Rückstand dann vorzugsweise aus Schwefelkalium, denn er zieht bald Feuchtigkeit aus der Luft an — daher der Name Pulverschleim — und verbreitet sogleich den Geruch nach Schwefelwasserstoff (s. Abth. I. §. 294.). Dennoch aber findet sich in Geschützen, welche mit solchem besten Pulver beschossen werden, nach einer Anzahl von Schüssen, ein Rückstand, welcher als weisse, feste Masse auf den Wänden festsitzt und größtentheils aus schwefelsaurem Kali besteht. Es ist aber fraglich, ob letzteres Salz erst durch die Einwirkung der Luft und hohen Temperatur bei den öfters wiederholten Schüssen aus dem Schwefelkalium der vorhergehenden Schüsse entstand, oder ob es ursprüngliches Zersetzungsprodukt des Schießpulvers ist.

Läfst ein Schießpulver beim Verbrennen in Geschützen schon nach den ersten Schüssen viel weissen und festen Rückstand, der fast nur aus schwefelsaurem Kali besteht, so schliesst man bei sonst probehaltigen Eigenschaften desselben mit Recht auf eine fehlerhafte Zusammensetzung des Satzes oder schlechte Fabrikation.

Pulverschleim
als Pyrophor.

§. 90. Da das Schwefelkalium unter gewissen Umständen ein Pyrophor ist, so hat man die Selbstentzündung mancher Ladungen, die kurz nach gethanen Schüssen in das Geschütz gebracht wurden, jener Eigenschaft des Schwefelkaliums zugeschrieben. Höchst wahrscheinlich wird für solche Selbstentzündung nie mit Sicherheit dem Schwefelkalium die Ursache zugeschrieben werden können. Denn es befindet

sich gerade als Rückstand des zersetzten Pulvers jenes Schwefelmetall durchaus nicht in einem für seine pyrophorischen Eigenschaften günstigen Verhältniss (s. Abth. I. §. 294.), schon wegen der schnellen Wärmeableitung durch die Geschützwände. Bei weitem häufiger mag zur Selbstentzündung neuer Ladungen der noch glimmende Rückstand von der Umhüllung der Ladung oder die durch sehr häufige Schüsse zu hoch gesteigerte Temperatur des Rohrs beigetragen haben.

§. 91. Es ist dem Vorangehenden zufolge von Interesse, die Zusammensetzung des Pulverrückstandes auch quantitativ zu ermitteln, um daraus auf die Art und Weise der Zersetzung eines Schießpulvers schliessen zu können, vorausgesetzt freilich, dass die procentige Zusammensetzung des fraglichen Schießpulvers bekannt sei. Aus der Untersuchung der bei Verbrennung eines Pulvers entwickelten Gase, deren Auffangen immer sehr viel Uebelstände hat, lässt sich auch nur ein beschränkter Schluss auf die Art der Zersetzung des Pulvers im Geschütz machen, weil die Gase im erstern Fall unter ganz andern Umständen sich entwickelten, als im Geschütz. Aber auch die Schlüsse aus der chemischen Zusammensetzung des Pulverrückstandes auf die Art der Zersetzung dürfen nur sehr vorsichtig gemacht werden und werden immer nur einen beschränkten Werth haben, weil man stets nur einen Bruchtheil des Rückstandes untersuchen kann, ohne mit Sicherheit zu wissen, ob der übrige verloren gegangene Theil desselben eben so zusammengesetzt ist, als der rückständige. Will man nun den Rückstand eines Pulvers untersuchen, so ist es am besten, unter den der Praxis im Großen ähnlichsten Umständen so viel Pulver auf höchstens 2—3mal zu zersetzen, dass eine für die Untersuchung hinlängliche Menge Rückstand (ungefähr 0,4 Grmm.) bleibt. Wenn in einem weiten Stöpselglase auf 3mal jedesmal $1\frac{1}{2}$ bis 2 Grmm. Pulver entzündet werden, so erhält man ungefähr die nöthige Menge Rückstand; die Quantität desselben beträgt unter diesen Verhältnissen in der Regel zwischen 8 bis 10 p. C. von der angewandten Pulvermenge. Am zweck-

Chemische
Analyse des
Pulverrück-
standes.

mäßigsten ist es freilich, durch eine grössere Anzahl schnell hinter einander gethaner Schüsse aus grobem Geschütz, ohne wie gewöhnlich nach jedem Schuss das Geschütz auszuwischen, sich soviel Pulverschleim ansammeln zu lassen, als man zur Untersuchung bedarf und diesen dann sogleich in das zur chemischen Analyse vorbereitete Gefäß zu schütten. Dieses Gefäß enthält destillirtes Wasser, in welchem eine überschüssige Menge (wenigstens das Zwei- bis Dreifache von dem Gewicht des zu untersuchenden Pulverschleims) an kohlensaurem Cadmiumoxyd suspendirt ist. Die Salze, welche dem Schwefelkalium des Pulverrückstandes beige- mengt sein können, wie unterschwefligsaures, kohlensaures und schwefelsaures Kali, zersetzen sich nicht so leicht wie das Schwefelkalium mit dem kohlensauren Cadmiumoxyd und man erhält Schwefelcadmium ungelöst, unterschwefligsaures, kohlensaures und schwefelsaures Kali in der Lösung. Nach öfters wiederholtem Schütteln der Flüssigkeit bringt man das gelbe mit etwas schwarzen Flocken (Kohle) und dem überschüssigen kohlensauren Cadmiumoxyd vermengte Schwefelmetall auf ein Filtrum und wäscht sorgfältig aus. Das ausgewaschene Pulver wird mit verdünnter Essigsäure behandelt, um das kohlensaure Cadmiumoxyd auszuziehen, das übrigbleibende Schwefelcadmium aber mit rauchender Salpetersäure in einem Kolben (s. ob. §. 83.) gekocht und nachher durch Zusatz von etwas chlorsaurem Kali der Schwefel völlig oxydirt. Aus dieser Lösung fällt man die Schwefelsäure durch ein Barytsalz. Die erste vom Schwefelmetall abfiltrirte Flüssigkeit wird zuerst mit einer Auflösung von salpetersaurem Silberoxyd versetzt und erwärmt, der sich ausscheidende schwarze Niederschlag (ein Gemenge von Schwefelsilber und kohlensaurem Silberoxyd) nach völligem Auswaschen mit verdünntem Ammoniak behandelt, durch welches das kohlensaure Silberoxyd gelöst wird. Diese Lösung, mit Chlornatriumlösung versetzt, liefert Chlorsilber, dessen Menge der des kohlensauren Kali's äquivalent ist. Das rückständige Schwefelsilber löst man in Salpetersäure,

versetzt die Lösung mit Chlorwasserstoffsäure und berechnet aus dem erhaltenen Chlorsilber für je 1 Atom desselben 2 Atome Schwefel. Denn die aus dem unterschwefligsauren Salze erhaltene Menge Schwefelsilber entspricht nur der Hälfte des in der unterschwefligen Säure enthaltenen Schwefels ($\text{Ag}\ddot{\text{S}} = \text{AgS}$ und $\ddot{\text{S}}$). Man erfährt also aus der durch Oxydation des Schwefelcadmiums erhaltenen Schwefelsäure so wie aus dem in Chlorsilber umgewandelten Schwefelsilber die Gesamtmenge des Schwefels, welcher in dem Pulverrückstande an Kalium gebunden war. Denn es ist wohl ohne Zweifel anzunehmen, daß das in der Lösung des Pulverschleims sich findende unterschwefligsaure Salz erst durch Einwirkung der Luft auf das Schwefelkalium entstanden sei.

Die von dem Schwefelsilber abfiltrirte Flüssigkeit wird zunächst durch Chlorwasserstoff von dem überschüssigen Silberoxyd befreit, dann heiß mit Chlorbariumlösung versetzt. Aus der hierbei gefällten schwefelsauren Baryterde wird die Schwefelsäure berechnet und von dieser soviel abgezogen, als der Hälfte des aus dem Schwefelsilber berechneten Schwefels an Schwefelsäure entspricht. Der Rest zeigt die Menge Schwefelsäure an, welche im Pulverschleim an Kali gebunden war.

Die letzte Flüssigkeit, welche nach den erwähnten Operationen übrig bleibt und Baryterde, Kali, Salz- und Salpetersäure enthält, kann zur Controlle der Bestimmung des kohlsauren Kali's verwendet werden. Zu diesem Endzweck versetzt man sie mit Ueberschuß von Schwefelsäure, dampft, nachdem die ausgeschiedene schwefelsaure Baryterde entfernt ist, zur Trockne ab und glüht den trocknen Rückstand. Er besteht aus $\text{K}\ddot{\text{S}}$ und aus ihm berechnet man das darin enthaltene Kali. Was von diesem nicht an die aus dem vorhergehenden Theil der Analyse ermittelten Gewichtsmengen von Schwefelsäure, unterschwefliger Säure und als Kalium am Schwefel gebunden ist, war als kohlsaures Salz vorhanden, vorausgesetzt, daß der zum Schießpulver

angewendete Salpeter keine bemerkenswerthen Mengen von Chlormetallen oder schwefelsauren Salzen enthielt, was sich durch eine vorgängige Untersuchung leicht ermitteln läßt. Ehe jedoch die Lösung, welche schliesslich das schwefelsaure Kali enthält, zur Trockne gebracht wird, muß man sie mittelst Schwefelwasserstoffwasser auf einen Gehalt von Cadmiumsalz untersuchen. Denn wenn das kohlen saure Cadmiumoxyd mit dem Pulverrückstand lange in Berührung war und letzterer viel schwefelsaures Kali enthielt, so findet sich jederzeit Cadmiumsalz in der Lösung. Dasselbe ist den vorhergehenden Operationen nicht hinderlich und braucht deshalb nur erst vor Ausführung der Controllprobe des Kali's entfernt zu werden.

Die Geschützfabrikation.

§. 92. Die Anforderungen der Artillerie an ein gutes Geschütz sind mit dem einen Worte Dauerhaftigkeit ausgesprochen. Zergliedert man die Eigenschaften, welche zufolge des Gebrauchs eines Geschützes in diesem einen Worte zusammengefaßt werden müssen, so sind es besonders Zähigkeit, Elasticität, Härte und chemische Beständigkeit. Die Zähigkeit, als stärkster Grad der Cohäsion, ist erforderlich, weil bei jeder Entzündung einer Ladung die Wände des Geschützes einen Druck von mindestens 1200—1500 Atmosphären auszuhalten haben, die Elasticität muß den durch die häufigen und stoßweisen Gasentwickelungen auf die Cohäsion geschehenden Angriffen entgegen treten, die Härte soll die beim Anschlagen des Geschosses entstehenden Vertiefungen in der innern Wand (Seele) des Geschützes (die sogenannten Kugellager) verhindern. Die genannten Eigenschaften sind von gleich großer Wichtigkeit, denn was hilft die durch hinreichende Zähigkeit und Elasticität gesicherte Existenz des Geschützes, wenn dasselbe zufolge der nach kurzem Gebrauch entstandenen Kugellager keinen sichern Schuß mehr erlaubt? Die chemische Beständigkeit endlich verlangt die möglich größte Unangreifbarkeit des Geschützes durch Sauerstoff und Kohlensäure der Luft, durch die Zersetzungsprodukte des Schießpulvers und durch die bei Entzündung des Pulvers erzeugte Hitze.

Anforderungen an
gutes
Geschütz.

§. 93. Die vorerwähnten Eigenschaften finden sich gleichzeitig in größter Vollkommenheit weder an einem der

Nur Eisen
und Kupfer-

legirungen
sind bisher
angewandt.

uns bekannten Metalle noch an einer der Legirungen, wenigstens so weit auch noch die Ansprüche an einen gewissen Grad der Wohlfeilheit und Leichtschmelzbarkeit befriedigt werden sollen. Nur das Eisen in Verbindung mit Kohle, und Legirungen von Kupfer mit Zinn (die Bronze) denen geringe Mengen gewisser anderer Metalle beigemischt sein können, oder Legirungen von Kupfer, Zinn und Zink haben sich bisher zum Geschützguß brauchbar bewiesen. Zwar haben die eisernen Geschütze eine starke Widerstandsfähigkeit und ausreichende Härte, aber ihre Cohäsionskraft wird durch öftern Gebrauch bedeutend vermindert; bei den Geschützen aus Bronze dagegen ist das Umgekehrte der Fall: sie besitzen grössere Elasticität und Zähigkeit, aber ihre geringe Härte widersteht den Einwirkungen des Geschosses nicht hinreichend. Daher springen die eisernen Geschütze früher als sie unsicher schießen, während die bronzenen noch haltbar, aber wegen der Kugellager unbrauchbar sind. In chemischer Beziehung steht das Eisen, als leicht oxydables Metall, den Kupferlegirungen nach; indessen läßt sich die Gefahr, welche von dieser Seite her droht, bei geeigneter Behandlung des Geschützes zum grossen Theil abwenden und jedenfalls ist die durch chemische Einwirkung der Luft und anderer Agentien entstehende Beschädigung des eisernen Geschützes nicht zu hoch zu veranschlagen.

Versuche
der
Vereinigung
von
Eisen mit
Bronze.

§. 94. Man hat schon in der Mitte des 17. Jahrhunderts und neuerdings im Beginn dieses Jahrhunderts durch Vereinigung von Eisen mit Bronze die glücklichen Eigenschaften beider zu vereinigen gesucht, indem man über eine Seele von Eisen (Guß- oder Schmiedeeisen) eine Hülle von Bronze goß. Es scheinen aber diese Versuche so wenig von einem glücklichen Erfolg gekrönt gewesen zu sein, wie der vor einigen Jahren in Berlin angestellte, eine Seele von Gußeisen galvanoplastisch mit einem Kupferüberzug zu versehen. Es vereinigen sich weder beim Darübergießen noch bei der Ausfällung die Bronze- oder Kupfertheilchen so innig mit dem Eisen, daß daraus ein homogenes Ganze entstünde und

es ist daher leicht begreiflich, daß viele Quellen der Unhaltbarkeit solcher zusammengefügtten Geschütze vorhanden sind.

§. 95. Eine neue Epoche für die Geschützfabrikation hat jetzt mit der Anfertigung von Geschützen aus Gufsstahl begonnen, wovon freilich zur Zeit erst kleine Proben vorliegen. Wenn die Schwierigkeiten, welche theils die stets gleichmäfsige Darstellung der rechten Stahlsorte, theils die schwere Schmelzbarkeit und die geringe Haltbarkeit der Schmelzgefäfsse noch darbieten, überwunden sein werden und die Kosten nicht zu übertrieben hoch sich stellen sollten, so wird die Artillerie in den Gufsstahlgeschützen ihre strengen Anforderungen befriedigt sehen, denn hier vereinigen sich Cohäsionskraft mit Elasticität, Härte und chemischer Beständigkeit.

Geschütze
aus
Gufsstahl.

Betrachten wir das Verfahren der Geschützgiefserei aus den beiden einzigen jetzt üblichen Materialien, dem Gufseisen und der Bronze, gesondert.

Die Geschütze aus Eisen.

§. 96. Die ältesten Geschütze bestanden aus Stäben von Schmiedeeisen, durch Ringe zusammengehalten wie die Dauben eines Fasses durch die Reifen; etwas später erst wurden die Stücke zusammengeschweisft. Daß diese unvollkommenen Wurfgeschosse nur für die älteste Art des Pulvers von einer geringen Kraft und für die Fortbewegung von weichen Geschossen, wie es die steinernen Kugeln waren, tauglich genug sein konnten, ist begreiflich. Bei der Anwendung von schnell verbrennlichem Pulver und von eisernen Geschossen mußte eine haltbarere Art Geschütze erdonnen werden, und dies waren gegossene. Ob die ältesten gegossenen Geschütze aus Eisen oder Bronze bestanden, läfst sich eben so wenig mit Bestimmtheit angeben als die Zeit, in welcher sie zuerst angefertigt wurden; jedenfalls weist aber

Unbrauchbarkeit der
Geschütze
aus
Stabeisen.

die Ueberlieferung auf einen sehr frühzeitigen Gebrauch gegossener Geschütze in einigen Ländern hin.

Gussverfahren
in früheren
Zeiten.

§. 97. Ueber das Verfahren beim Guss eiserner Geschütze wissen wir nur, dass man im 17. Jahrhundert aus dem Hohofen über den Kern goss und dass in der Mitte des 18. Jahrhunderts zuerst aus dem Vollen gegossen wurde, wobei auf die Erzeugung eines grauen, sehr weichen Eisens besonders hingearbeitet wurde. Die geringe Dauerhaftigkeit dieser beiden Arten Geschütze, deren Ursache man zufolge der mangelhaften Kenntnisse von der Darstellung und den Eigenschaften der verschiedenen Eisenarten (Kohleneisen) nicht zu ergründen vermochte, verursachte in den meisten Ländern ein Schwanken in der Methode des Gusses, bis neuerlichst der Guss aus dem Vollen den Sieg über den Kernguss davon getragen hat.

§. 98. Obwohl die Forschungen und Versuche der letzten Decennien gewisse allgemein gültige Principien für den Guss eiserner Geschütze festgesetzt haben, so fehlt doch immer noch die hinlängliche Sicherheit in der Darstellung einer grossen Anzahl von Geschützen gleicher Beschaffenheit und Güte. Bei genauerer Berücksichtigung der Umstände, unter denen das Eisen geschmolzen werden und der Geschützguss am zweckmässigsten statt finden muss, leuchtet es aber ein, dass jene Sicherheit nur auf ein beschränktes Maass Anspruch machen kann. Denn einerseits bietet der Schmelzprozess für die Darstellung eines gleichmässigen, guten Geschützeisens grosse Schwierigkeiten dar, andererseits verlangen die Anforderungen Seitens der Theorie von der Technik Zurichtungen für den Guss so widersprechender Art, dass sie im vollkommensten Maasse praktisch nicht wohl ausführbar sind.

Zweck-
mässigste Art
des
Roheisens
zum
Geschützguss.

§. 99. Aus den Eigenschaften der verschiedenen Arten des Roheisens (Gusseisens, s. Abth. I. §. 490—492.) ergibt sich, dass von denselben nur ein Gemenge des weissen mit dem grauen — das sogen. halbirte — für den Geschützguss recht brauchbar ist. Denn das graue Roheisen ist zu weich und seine Cohäsion wegen des darin ausgeschiedenen

Graphits zu gering; ausserdem wächst dieser Fehler bedeutend mit zunehmender Dicke der Masse zufolge der abnehmenden Schnelligkeit des Erhaltens. Das weisse Roheisen ist zu hart und spröde, läßt gar keine Bearbeitung zu und würde also, wenn man auf die äusserliche Bearbeitung des Geschützes verzichtete und die Gefahr für die Schildzapfen gering achtete, höchstens beim Kernguß verwendbar sein; dieser ist aber einmal wegen der vielen Mängel, die er in den Geschützen verursacht, bei Seite gesetzt, und schon darum ist das weisse Roheisen zu verwerfen. Ueberdies ist auch seine Cohäsion auf Kosten seiner geringern Elasticität nicht um so viel grösser, daß es starken Pulverwirkungen hinreichend widerstände. Nun vereinigt das halbirte Roheisen Zähigkeit mit Elasticität und einer entsprechenden Härte, und es wird daher auf allen Geschützgießereien mit Recht auf die Erzeugung des halbirten Roheisens hingearbeitet, und zwar sucht man es um desto stärker weis zu erhalten (s. Abth. I. §. 492.), je stärker das Kaliber des zu gießenden Geschützes sein soll.

§. 100. Die gleichmässige Erzeugung des halbirten Roheisens eine lange Campagne hindurch, namentlich die willkührliche Zusammensetzung desselben aus bestimmten Schattirungen des grauen und weissen, ist mit grossen Schwierigkeiten verbunden. So weit jetzt unsere Erfahrungen reichen, bildet sich im Hohofen bei sehr starker Hitze und schwer zur Schlacke schmelzenden Beimengungen, wenn der Ofen gaa- ren Gang hat, graues Roheisen, das weisse Roheisen dagegen bei schwächerer Hitze des Ofens, leicht schmelzbarer Schlacke, leichten Kohlen (Holzkohlen) und sonst regelmässigem Gange, ausserdem aber durch unverhältnissmässig grossen Erzsatz im Verhältniss zu den Kohlen (übersetztem Gang), bei Mißverhältniss des Windes zu den Kohlen und der Grösse des Schmelzraums, bei Versetzungen der Gichten in der Rast oder dem Gestell (s. Abth. I. §. 486.) und bei sonstigen Unregelmässigkeiten, die durch Zufall herbeigeführt sein können, mit einem Wort bei rohem Gange. Die Bedin-

Bedingungen
zur
Darstellung
des grauen
und weissen
Roheisens.



gungen, unter denen sich weisses Roheisen erzeugt, sind also den für die Bildung des grauen erforderlichen ganz entgegengesetzt, obwohl sich Spiegeleisen und graues Roheisen im Kohlengehalte nicht wesentlich von einander unterscheiden. Es giebt indess unter dem weissen Roheisen verschiedene Arten, welche die Hüttenleute auch mit verschiedenen Namen belegen (s. Abth. I. §. 491.) und diese mögen wohl im Kohlenstoffgehalt von einander abweichen. Denn wenn auch für die Darstellung des Spiegeleisens die Hauptbedingung in der geringen Hitze des Hohofens und der leichtflüssigen Beschickung liegen mag und nebenbei noch in der Bildung mancher Verbindungen, welche, wie das Kohlenmangan und Schwefeleisen, eine grössere Beständigkeit jenes Kohleneisens (Fe^4C) bewirken; so scheint doch bei der Entstehungsweise der andern Arten des weissen Roheisens, z. B. bei der Umschmelzung des grauen Roheisens im Flammenofen, ausser der Abkühlung auch die Einwirkung des Sauerstoffs eine Rolle zu spielen, indem eine theilweise Entkohlung eintritt. Dieses weisse Roheisen mit geringerem Kohlengehalt als das Spiegeleisen scheint bei hoch gesteigerter Temperatur nicht so leicht als letzteres in graues Roheisen sich wieder umzuwandeln, und es ist daher nicht unwahrscheinlich, dass das im halbirten Eisen enthaltene weisse Roheisen nicht dem Spiegeleisen, sondern dem sogenannten grellen oder luckigen Floss entspricht, und die Entstehung desselben kann sowohl einer theilweisen Entkohlung, als auch einer Temperaturerniedrigung zugeschrieben werden.

Bedingungen
zur
Darstellung
des halbirten
Roheisens.

Aus dem Vorhergehenden sieht man, dass die gleichzeitige Erzeugung des grauen und weissen Roheisens bei demselben Schmelzproceß, wenn beide bei gaarem Gang des Ofens gewonnen werden sollten, unmöglich ist. Wenn man daher ein Gemisch aus grauem und weissem Roheisen gleichzeitig gewinnen will, so lehrt die Erfahrung, dass man auf die Erzielung eines grauen Roheisens bei stark besetztem Gange und nicht zu schwerflüssiger Beschickung hinarbeiten, und das im Gestelle befindliche Erz durch Füttern (s. Abth. I.

§. 492.) in halbirtes umwandeln müsse, wobei augenscheinlich die oben erwähnte theilweise Entkohlung eintritt. Oder man bewirkt das letztere durch einen Theil der im Ofen aufgegebenen Erze, welche man durch vorhergegangenes starkes Rösten in Eisenoxydulsilicate (geschmolzen) verwandelt hat. Diese gehen, während das Eisen des übrigen Erzes schon nicht tief unter der Gicht durch das Kohlenoxydgas in Eisen oder Kohleneisen umgeändert wird, unzersetzt durch den Ofen bis in das Gestell, und wirken hier auf dieselbe Weise wie die Gaarschlacke beim Frischproceß (s. Abth. I. §. 498.) oder wie die Erze beim Füttern. Natürlich ist dieses Verfahren nur bei solchen Erzen anwendbar, die als hauptsächlichste Beimengung Quarz enthalten.

§. 101. Es läßt sich bei diesem Verfahren zur Darstellung des halbirten Roheisens sehr schwer das quantitative Mischungsverhältniß der beiden Eisenarten im Voraus bestimmen, und nur eine lange Erfahrung mit denselben Erzen bei einer gewissen Construction des Hohofens ist für diese Hüttenarbeit eine einigermaßen sichere Führerin. Es ist allerdings nicht zu läugnen, daß gewisse Arten von Erzen sich vorzüglich gut zu Geschützeisen eignen, weshalb man dieselben in Schweden „Geschützerze“ nennt. Aber es war übertrieben, daß man nach einigen mißlungenen Versuchen alle andern Eisenerze, außer jenen hauptsächlich in Schweden angewendeten, für vollkommen unbrauchbar zum Geschützguß erachtete. Bei geeigneter Behandlung hat sich dazu noch manches andere Erz neuerdings wohl bewährt, und wird sich mit Ausnahme einiger, z. B. des Raseneisensteins und zu stark schwefelhaltiger, fast jedes Eisenerz anwenden lassen.

§. 102. Was sich durch die eben auseinandergesetzte Behandlung der Erze und durch das Füttern im Hohofen erreichen läßt, kann man durch Umschmelzen grauen Roheisens im Flammenofen ebenfalls erlangen, da je nach der Leitung des Feuers dem Eisen nach Belieben mehr oder weniger Kohlenstoff entzogen werden kann (s. Abth. I. §. 496.

499.). Es wirkt bei diesem Umschmelzen in Flammenöfen anfangs der Sauerstoff der Luft, darnach aber die Schlacke, das Eisenoxydulsubsilicat, entkohlend, ganz ähnlich wie beim Herunterfallen die stark gerösteten Erze im Hohofen und das eingeworfene Erz beim Füttern.

Geschütz-
giefsereien
in
Schweden.

§. 103. Unter den europäischen Geschützgiefsereien, welche eisernes Geschütz aus dem Hohofen darstellen, gehören die schwedischen mit zu den ältesten (Mitte des 17. Jahrhunderts) und ihr guter Ruf hat sich bis heute bewährt, denn viele Mächte Europas lassen ihren Bedarf an eisernen Geschützen auf schwedischen Giefsereien anfertigen. Es ist weniger die Höhe des wissenschaftlichen Standpunktes, auf welchem der schwedische Gießer steht, als vielmehr die günstige Zusammensetzung der Erze und deren außerordentlich reiches Vorkommen in gleicher Beschaffenheit, welches den Betrieb des Hohofens so leicht beherrschen und den Geschützguß so selten mislingen läßt. Seit Ende des vorigen Jahrhunderts werden Erze derselben Art verschmolzen und es sind seit der Zeit weder Gattirung, noch Construction des Hohofens mit Vortheil wesentlich verändert worden. Es möge daher als Beispiel für den Geschützguß aus dem Hohofen das Verfahren eines der schwedischen Hüttenwerke hier dargestellt werden, auf welchem Preussen noch im Jahre 1847 eine Anzahl Geschütze gießen liefs.

Die
Giefserei in
Finspång.

§. 104. In Finspång (nahe bei Norrköping) werden Magneteisensteine verschmolzen, welche aus 4 verschiedenen Gruben (Förola, Järna, Petång, Stenebo) kommen, aber sämmtlich als Gangart Quarz enthalten, und sich nur dadurch etwas von einander unterscheiden, daß der Magneteisenstein in einigen zu größern Massen zusammengehäuft, in andern fein vertheilt ist, und daß einige vollkommen frei, andere dagegen ziemlich reich an Schwefel sind.

Rösten
der Erze.

Alle Erze werden vor ihrer Verwendung geröstet, und zwar die schwefelhaltigen schwächer als die schwefelfreien. Das Rösten geschieht in runden Oefen, unseren Kalköfen ähnlich, von ungefähr 12—15 Fuß Höhe, welche,

von drei mehre Fuß über der Sohle befindlichen seitlichen Feuerungen aus mit Holz geheizt werden. Die faustgroßen Stücke des Erzes werden oben eingetragen und nach vollendeter Röstung unterhalb der Feuerungen herausgezogen, ohne daß dadurch das Rösten eine Unterbrechung erleidet. Beim Rösten der schwefelfreien Erze wird die Temperatur so hoch gesteigert, daß ein Theil des Quarzes der Gangart sich mit einem Theil der Oxyde des Magneteisensteins zu Silicaten verbindet. Es ist daher begreiflich, daß, weil durch die Anwesenheit dieser Silicate die Erzeugung des halbirtten Roheisens befördert wird (s. ob. §. 100.), auch eine gewisse Quantität solcher Erze, in denen viel Quarz enthalten ist und zwar ziemlich gleichmäfsig zwischen das Eisenoxydoxydul vertheilt, als ganz besonders günstig für den Schmelzproceß, ja als unerläßlich, betrachtet werden. Es scheint überhaupt, als ob das Rösten der schwefelfreien nur dieser Silicatbildung halber ausgeführt würde, denn es ist hier aus der Gangart keine Kohlensäure zu entfernen (was man doch sonst hauptsächlich durch das vorgängige Rösten erzielen will) und die unbedeutende Menge Feuchtigkeit des Erzes würde kaum solchen Prozeß erfordern.

Die gerösteten Erze werden zerkleinert, so daß sie die Gestalt eines groben Pulvers bekommen. Dies geschieht mit Hülfe eines Schwanzhammers auf einem eisernen Rost, dessen Stäbe ziemlich enge neben einander liegen (ungefähr $\frac{1}{2}$ Zoll aus einander). Das durch die Stäbe gefallene Pulver wird in Kübel geworfen und ist für das Umschmelzen hinlänglich geeignet.

Die Erze der verschiedenen Gruben werden so gattirt, daß die schwefelfreien in größter Menge angewendet werden, und diese liefert die Grube Förola. Außerdem nimmt man noch Bohr- und Drehspäne von früher gegossenen Geschützen und als Zuschlag nur einen dichten Kalkstein. Die Verhältnisse, in welchen 1847 die Erze gattirt und mit Zuschlag versehen wurden, waren

Zerkleinerung.

Gattiren.

Erze von der Grube Förola 27,7 Gewichtstheile.

-	-	Järna	5	-
-	-	Petäng	3,8	-
-	-	Stenebo	2,5	-
Bohr- und Drehspäne	.	.	3	-
Kalk	.	.	6,3	-

Früher pflegte man, wenn gerade eine Grube denselben lieferte, etwas Eisenglanz zuzusetzen; indessen durfte die Menge desselben nur gering sein und $\frac{1}{16}$ der Gattirung nicht überschreiten, sonst lieferte der Ofen zu graues für den Geschützguß nicht geeignetes Eisen.

Beim Beginn der Campagne wird, wie dies auch anderwärts geschieht, der Ofen fast nur mit Kohlen gefüllt, bis er zu einer angemessenen Temperatur durchgewärmt ist, dann giebt man anfangs nur schwache Erzgichten und erhält dadurch ein so graues Eisen, daß dasselbe zum Geschützguß unanwendbar, aber für andere Gußstücke brauchbar ist. Erst nach mehreren Tagen, oft erst nach einer oder zwei Wochen kann das Eisen zum Geschützguß gebraucht werden. Man hat unter der Zeit die Erzgichten nach und nach verstärkt, bis man zu dem als Normalsatz betrachteten Verhältniß von 3 Maafsth. Kohlen zu 1 Maafsth. Erz gelangt ist; die Kohlen sind aus Nadelhölzern dargestellt. Der Hohofen ist ungefähr 28—30 Fufs hoch, hat nur eine Form, durch welche er von einem Cylindergebläse den kalten Wind bekommt, das Gestelle ist ungefähr $5\frac{1}{2}$ Fufs Rh. hoch, am Rückstein $2\frac{1}{3}$ F., am Wallstein 2 F. breit und faßt so viel Eisen, daß mindestens 2 Geschütze, eines von großem und eines von kleinerem Kaliber, daraus gegossen werden können (z. B. ein langer 24Pfünder und ein 25pfündiger Mörser), also ungefähr 60 Centner. Eine Rast ist nicht vorhanden, sondern gleich über dem Gestell erweitert sich der Schacht zu dem elliptisch geformten Kohlensack, dessen größte Weite ungefähr 7 F. im Durchmesser hat, während seine Höhe 8 F. beträgt. Da wo der Kohlensack in den konisch sich zuspitzenden Schacht übergeht, ist er circa 6 F. weit und der

Dimensionen
des
Hohofens.

Durchmesser der Gicht beträgt 5 F. Der Ofen wird wäh-
 rend des Einschmelzens stark besetzt gehalten, und zwar <sup>Leitung
des Schmelz-
processes.</sup> desto stärker, je grösser die Dimensionen des zu gießenden
 Geschützes sind, und der Gang des Ofens nähert sich dann
 fast dem Rohgange. Zu den Erzen fügt man auch alte
 Bruchstücke von Gusseisen oft bis zu 10 p. C. der Erze hinzu.
 Eine Neigung des Ofens zum Gaargange, d. h. zur Erzeu-
 gung eines grauen Roheisens, sucht man nicht durch Aende-
 rungen im Gebläse, sondern nur durch Steigerung der Erz-
 gichten zu verhindern. Die Merkmale für den gewünschten
 Gang des Ofens finden die Hüttenleute in dem Verhalten der
 Massen im Gestell, in der Gichtflamme, namentlich aber in
 der Beschaffenheit der Schlacke, lauter Merkmale, welche bei
 einem Schmelzprozeß mit gewissen Erzen und bestimmten
 Zuschlägen auf das Schmelzprodukt ziemlich sichere Schlüsse
 gestatten. Die Schlacke, welche dabei entsteht, ist bläu-
 lich, zähflüssig, erstarrt sobald sie über den Wallstein weg-
 geflossen ist und entwickelt, heiss mit Wasser übergossen,
 große Mengen Schwefelwasserstoff. Nach je 18 Stunden
 pflegt abgestochen zu werden und dann gießt man zwei
 Geschütze von den eben erwähnten Kalibern, bei größeren
 Kalibern ist natürlich längere Zeit zur Einschmelzung der
 erforderlichen Quantität Eisen nöthig. Aus zwei Oefen auf
 einmal (für die Darstellung sehr großer Gussstücke) pflegt
 man jetzt nicht mehr zu gießen, denn die Unsicherheit in
 Darstellung derselben Eisenart in zwei Oefen ist zu groß.
 Man macht das Gestelle des Hohofens so umfassend, daß
 es ohne Nachtheil für den Gang des Ofens die für das
 größte Kaliber nöthige Eisenmenge aufnehmen kann. Der
 kleine Ueberschuß, der bei jedem Guß vorhanden sein muß,
 wird in Platten gegossen und dann verfrischt (Abth. I.
 §. 498.), bisweilen auch zur Anfertigung kleinerer Guss-
 stücke, die vorräthig modellirt dastehen, verwendet.

§. 105. Daß bei dem oben erwähnten Gang des Ofens <sup>Die
Probestangen.</sup> Veränderungen in der Pression der Gebläseluft und in dem
 Feuchtigkeitsgehalt derselben, welche bei einem so schwachen

Gebläse von Bedeutung sind, das Produkt des Ofens oft verändern können, sieht man leicht ein. Um nun einen Anhaltspunkt für die Art des in einem gegossenen Geschütz enthaltenen Roheisens zu haben, werden bei dem Guß jeden Geschützes 2 Probestangen mitgegossen von ungefähr 2 Quadratzoll, deren Bruchfläche im Ansehen mit der Bruchfläche anderer Probestangen verglichen wird. Es besitzt nämlich die Hütte eine Anzahl von 10 Probestangen, die vom grauen bis zum weissen Eisen verschiedene Abstufungen des halbirten darstellen. Einige der letztern sind vorzüglich haltbar befunden worden und dienen als Normale zur Beurtheilung jeder neuen Probestange. Der Guß ist dann am besten, wenn die vier weissen Ecken der Probestange sich in einem grauen runden Kern in der Mitte berühren. Probestangen werden auch von Zeit zu Zeit vor dem Geschützguß gegossen und verglichen und wenn dann die weissen Ecken derselben zu gering sind, so wird beim weitem Schmelzen der Erzsatz gesteigert; ist aber der graue Kern zu klein, der Erzsatz vermindert. Die Probestangen werden auch ferner auf ihre Haltbarkeit durch Belastung geprüft, und hierbei hat sich herausgestellt, daß eine Stange von dem oben erwähnten Aussehen die haltbarste ist. Welche Abweichungen während kurzer Zeit im Gange des Ofens statt finden können, möge folgendes Beispiel beweisen. Die 10 Probestangen, welche aus demselben Ofen unter gleichen Umständen in 10 auf einander folgenden Tagen gegossen wurden, verhielten sich in ihrer Tragkraft wie 566 : 493 : 580 : 480 : 537 : 696 : 635 : 566 : 537 : 479.

Werth der
Probestangen.

Der Werth, den man von dem Verhalten einer Probestange auf das gleichzeitig aus demselben Eisen gegossene Geschütz überträgt, darf indessen nicht überschätzt werden. Denn die geringe Menge Metall der Probestange und die kleine Dimension der Form, in welche dieselbe gegossen wird, sind Umstände, welche auf die Beschaffenheit der Stange von großem Einfluß und denen, unter welchen das Geschütz beim Guß sich befindet, gerade entgegengesetzt

sind. Die Probestange erkaltet schnell, das Geschütz sehr langsam und es wird daher erstere viel stärker halbirtes Eisen enthalten als das Geschütz.

§. 106. Ausser den bisher angeführten Umständen ist namentlich die Art des Formens und des Materials, aus welchem die Formen angefertigt werden, von nicht geringem Einfluss auf die Beschaffenheit des Geschützes. Da aber dieses auch bei dem Gießen bronzener Geschütze der Fall ist und die Anfertigung der Form, so wie die Art des Formmaterials bei beiden Geschützen dieselbe zu sein pflegt, so wird die Erörterung jenes Einflusses später bei der Beschreibung des Formens und Gießens bronzener Geschütze ihren Platz finden.

Einfluss
der Form.

§. 107. Gleich nach der ersten Anwendung des Flammenofens zum Umschmelzen des Roheisens in England (Ende des vorigen Jahrhunderts) machte man dort auch Versuche mit Geschützgießen aus dem Flammenofen. Die günstigen Resultate dieser Versuche verdrängten in England den Geschützguß aus dem Hohofen gänzlich und bald wurden auch in Frankreich, Deutschland und den Niederlanden die eisernen Geschütze nur aus Flammenöfen gegossen. Die Vortheile dieses Gießverfahrens waren auch sehr einleuchtend. Man konnte Gießereien anlegen, wo es beliebte, ohne durch das Vorkommen und die Beschaffenheit eines bestimmten Erzes gebunden zu sein; man konnte Eisen kaufen von jeder beliebigen Hütte und dieses zu jeder Zeit umschmelzen; man konnte jeden Tag gießen und zwar Kaliber verschiedener Größe an jedem folgenden Tage; man verschmolz Eisen, aus den verschiedensten Erzen erblasen, konnte den Abgang an alten Geschützen, verlornen Köpfen u. dergl. wieder verwerthen und — was das Wichtigste war — es schien der Geschützguß aus dem Flammenofen leicht zu übersehen, zu leiten und von Einflüssen atmosphärischer Veränderungen während des Einschmelzens wenig oder gar nicht berührt zu sein. Alle diese Vorzüge gingen dem Hohofenguß ab; dagegen war letzterer billiger, weil im Flammenofen der

Geschützguß
aus dem
Flammenofen.

Vortheile
desselben.

Verbrauch von Brennmaterial groß und der Verlust an Eisen durch Oxydation nicht unerheblich ist.

Principien
für den Guß
aus dem
Flammenofen.

§. 108. Die Umwandlung des zum Geschützguß unbrauchbaren grauen Roheisens in brauchbares Geschützeisen d. h. in halbirtes Roheisen beruht im Flammenofen ebenso wie im Hohofen auf einer theilweisen Oxydation des Kohlenstoffs im Eisen. Dies Verfahren unterscheidet sich vom Puddlingsprozeß (s. Abth. I. §. 499.) nur durch kürzere Zeitdauer und Anwendung weniger stark oxydirender Flamme, und selbst die Oefen sind denen zum Puddeln bestimmten sehr ähnlich *). Die oxydirende Flamme eines Flammenofens wird hauptsächlich durch die Größenverhältnisse des Rosts, Fuchses und Schornsteins und durch die Quantität des zu einer gewissen Zeit auf dem Roste befindlichen Brennmaterials bedingt, und die größere oder geringere Wirkung derselben hängt von der Oberflächengröße und Neigung der Ofensohle zur Horizontalen ab. Je größer die Oberfläche und je schiefer geneigt, desto stärker, je kleiner und ebener, desto schwächer ist die Entkohlung. Da nun erfahrungsmäßig gewisse Arten des grauen Roheisens (z. B. das Coaksroheisen) sich schwerer entkohlen lassen, als andere (z. B. das mit Holzkohlen erblasene); so wird man bei dem Bau des Hohofens sowohl auf die Beschaffenheit des Brennmaterials als auch auf die Art des Roheisens Rücksicht nehmen müssen, welches im Allgemeinen vorzugsweise zum Geschützguß angewendet werden soll. Es läßt sich zwar durch längere Behandlung eines schwer zu entkohlenden Roheisens im Flammenofen oder durch zweimaliges Umschmelzen der Zweck erreichen, jedoch nicht ohne Gefahr und ohne vielen Abgang; aber ein für starke Entkohlung eingerichteter Ofen wird ein leicht zu entkohlendes Eisen schon zu weiß machen. Ein Ofen, der nicht gerade für eines der beiden Extreme aufgebaut ist, wird bei gehö-

*) Eine Abbildung des Ofens der Gießerei in Lüttich ist unten Fig. 33. gegeben.

riger Umsicht in der Leitung des Schmelzprocesses sowohl aus Coaks- wie aus Holzkohlen-Roheisen ein geeignetes halbirtes liefern.

§. 109. Um indessen schon im Voraus einige sichere Anhaltspunkte für den Geschützguß zu haben, pflegt man beim Flammenofenbetrieb gern das Roheisen von einer Hütte zu beziehen, deren Produkt einmal erprobt worden ist, dessen Beschaffenheit man durch lange Uebung schon dem Bruchansehen nach zu beurtheilen gelernt hat. Die Probe besteht darin, daß man in Frankreich und Belgien von dem gelieferten Roheisen alle zu grauen, stark graphithaltigen Gänze aussondert, und von den übrigen einen 8Pfünder gießt, der durch nach und nach gesteigerte Ladungen zuletzt gesprengt wird. Während des Gießens dieses Geschützes wird ein Protokoll über den Gang des Ofens aufgenommen, darnach über die zum Durchschneiden des verlornen Kopfs bis zu einer gewissen Tiefe erforderliche Zeit, über die Anzahl der zum Zerreißen des dünnen Stücks zwischen Geschütz und verlornen Kopf nöthigen Hammerschläge, über die Zeitdauer des Bohrens der Seele und des Zündlochs, und schließlich werden die zersprengten Stücke einer genauen Besichtigung unterworfen, ob sie Höhlungen oder sonstige sichtbare Merkmale eines schlechten Gusses an sich tragen. Bei dem Gießen jedes Geschützes später werden in Belgien Probestangen mitgegossen und auf ihre Haltbarkeit probirt.

Vorsichts-
maafsregeln
und
vorläufige
Proben.

§. 110. Die Wahl des Roheisens Behufs des Geschütz- gusses geschieht zunächst nur nach der Farbe des Bruchs. Sie ist aber, wenn auch in den meisten Fällen, doch nicht immer ein sicheres Zeichen für Roheisen von gleicher Güte, namentlich nicht mehr, so bald man die Erze und den Hüttenproceß bei ihrer Verschmelzung nicht kennt. Das graue Roheisen, welches in starker Hitze bei schwer schmelzbarer Beschickung erblasen ist, enthält viel Graphit und Silicium, meist auch noch Calcium und andere in den Beimengungen der Erze enthaltene Metalle; sein starker Graphitgehalt giebt ihm auf der Bruchfläche ein schwärzlich glän-

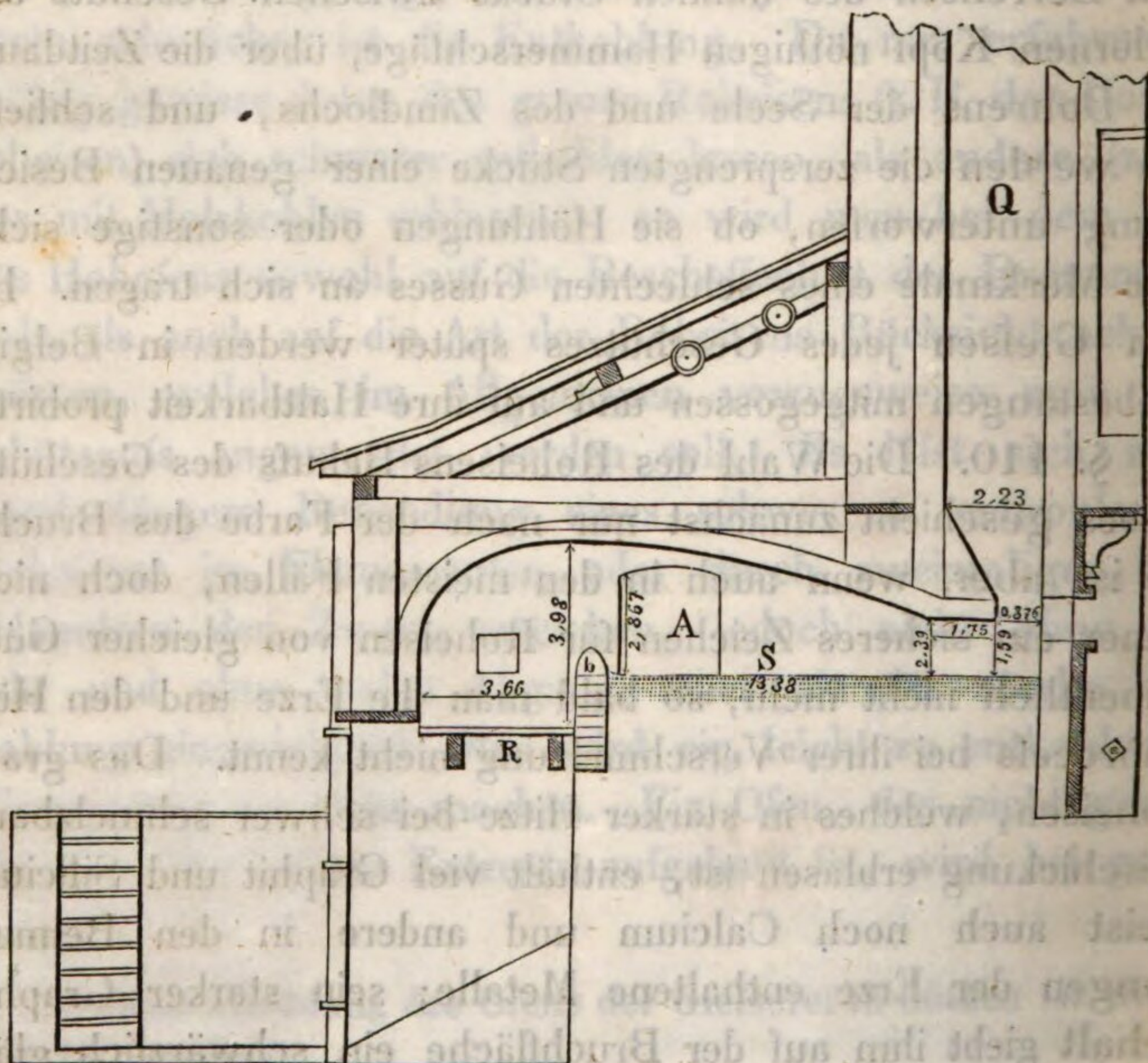
Wahl des
Roheisens.

zendes Aussehen. Das graue Roheisen, welches im Gaar-
gange aus denselben Erzen, aber mit leicht schmelzbarer
Beschickung erblasen ist, kann auch mit Graphit ziemlich
angereichert sein, aber es ist frei von Silicium und andern
Metallen. Man wird für das Umschmelzen zum Geschütz-
guß dieses letztere Roheisen zu wählen haben, wenn auch
nicht wegen der großen Schädlichkeit jener fremden metal-
lischen Beimengungen — denn die Einwirkung einiger Pro-
cente Silicium, Calcium auf die Eigenschaften des Geschütz-
eisens kennen wir noch nicht einmal mit Sicherheit — so
doch gewiß wegen der spätern leichtern Behandlung im
Flammenofen. Hier werden nämlich Silicium und Calcium
durch Oxydation abgeschieden, es findet also stärkere Schlak-
kenbildung und reichlicherer Abgang statt.

Construction
des Flammen-
ofens.

§. 111. Die Construction eines zweckmäßigen Flam-
menofens für Geschützgießerei ist aus nebenstehender Zeich-

Fig. 33.



nung des Lütticher Ofens am besten ersichtlich. Die Grössenverhältnisse sind in preussischen Fussen und Decimalbruchtheilen desselben angegeben; die Höhe des Schornsteins Q beträgt 48,745 F., die Höhe der Brücke b über dem Roste R 1,9 F., über der Sohle des Ofens S 0,557 F. Die Sohle, welche früher sehr geneigt gegen die Horizontale war, ist jetzt fast horizontal; den Vorthail der schnellen starken Entkohlung, welchen die sehr geneigte Sohle gewährte, bedarf man bei etwas lichter grauem Roheisen nicht, und die Uebelstände derselben überwiegen die Vorthaile; namentlich war der eine Nachtheil sehr fühlbar, daß das flüssige Eisen von zu großer Dicke in einem kleinen Raum angesammelt, nicht gehörig durchgeheizt werden konnte und die Güsse zu kalt geschahen. Für sehr große Kaliber müssen zwei Oefen besetzt werden, die unmittelbar neben einander gebaut sind.

§. 112. Der Betrieb des Ofens in Lüttich ist kurz folgender: auf die Sohle werden vor der Besetzung mit Eisen kleine glühende Kohlenstücke (Cinders) ausgebreitet, damit die Temperatur des Eisens schnell sich steigere und somit der Abbrand sich mindere. Die einzuschmelzende Eisenmenge besteht aus $\frac{3}{5}$ neuem Roheisen, $\frac{1}{5}$ altem Geschütz und $\frac{1}{5}$ verlornen Köpfe. Bedarf das niedergeschmolzene Eisen Nachhülfe in der Entkohlung, so setzt man ihm Hammer Schlag, stark verrostete Bohrspäne oder Stabeisen zu, oder man öffnet die Thür A und rührt es mehrmals um. Die Temperatur, bei welcher der Guß statt finden soll, muß möglichst hoch sein, das hat die Erfahrung gelehrt, und damit die heißeste Schicht Eisen in das Bodenstück komme, wird von den zwei Abstichöffnungen des Ofens zuerst die obere geöffnet, und während aus dieser das Eisen noch fließt schnell die untere. Wenn nämlich eine merkliche Zeit darüber vergeht, bis zu dem schon in der Form befindlichen Eisen neues zufließt, so vermischt sich das erstere nicht innig mit dem spätern und das Geschütz zerspringt an dieser Stelle leicht. Daher wird auch, wenn der Guß aus zwei Oefen statt finden muß, das Eisen aus beiden, bevor es in die Form fließt, in

Betrieb
des Ofens.

einem Tümpel angesammelt, aus welchem es alsdann zur Form kommt. Um das zu starke Erkalten zu vermeiden, muß daher auch die Form möglichst nahe an die Abstichöffnung (in 3—4 F. Entfernung) gestellt werden. Man hält die Temperatur zum Gießen für geeignet, wenn das flüssige Eisen ganz weiß leuchtet, und erreicht dieselbe, wenn nach dem Einschmelzen ungefähr noch 2—3 Stunden geheizt worden ist. Während dieser Zeit muß der Rost des Ofens stark mit Kohlen bedeckt gehalten und ein Verstopfen der Roststäbe sorgfältig verhütet werden.

Der
heisse Gufs.

§. 113. Die erfahrungsgemäße Nothwendigkeit des sehr heißen Gusses bei eisernen Geschützen wird einerseits durch die Eigenschaft des grauen Roheisens bedingt, bei schneller Erkaltung in weißes überzugehen. Tritt dieser Fall durch das ganze Geschütz hindurch ein, so kann gar keine Bohrung der Seele statt finden. Andererseits mag vielleicht, in dem Fall, daß noch ein Theil des grauen Roheisens sich nicht in weißes umwandelt, eine sehr ungleichmäßige Vertheilung des erstern in letzterm die Folge zu schneller Erkaltung sein. Außerdem kann in der sehr dünnflüssigen Masse die Ausscheidung der Eisenkrystalle besser vor sich gehen, und eine Verfilzung jener Krystalle unter einander, worauf der hakige Bruch des Eisens hindeutet. Nur bleibt es unerklärt, warum bei sehr heißem Gufs nicht ein Produkt erhalten wird, welches bloß aus grauem Roheisen besteht, da doch der im halbirtten Eisen enthaltene Kohlenstoff noch ausreicht, um mit dem vorhandenen Eisen graues Roheisen zu bilden, und nach der Erfahrung die Bildung des letztern immer bei sehr starker Hitze des Ofens und langsamer Erkaltung eintritt.

Würde man graues Roheisen zum Geschützguß anwenden, ohne es in halbirtes umzuändern, so würden ein heißer Gufs und langsame Erkaltung gerade entgegengesetzt wirken. Man würde ein sehr unhaltbares Geschütz erhalten, in dessen Innerm sich Graphit in größern Krystallen ausgeschieden hat.

§. 114. Das beste Geschützeisen enthält eine über- ^{Eigenschaften}
 wiegende Menge weisses, in welchem das graue ziemlich ^{des guten}
 gleichmäfsig in der Gestalt sternartiger Gruppen vertheilt ist. ^{Geschütz-}
 Nur am äufsern Rande ist von der grauen Masse weniger ^{eisens.}
 enthalten als nach der Mitte zu, und hier zieht sich das
 weisse aderförmig durch die Gruppen des grauen. Der Bruch
 des guten Geschützeisens ist uneben, scharf und hakig; glatter
 Bruch deutet schlechtes Eisen an. Geschmolzen füllt es die
 Form sehr gut aus, die Oberfläche sinkt beim Erstarren ein,
 wird concav und zeigt keine Blasen. Die Unterschiede zwi-
 schen gutem und weniger gutem halbirtten Geschützeisen sind
 nicht sehr auffallend und es gehört eine lange Uebung dazu,
 um sehr feine Unterschiede durch das Auge zu entdecken,
 wenn man keine normalen Proben damit vergleichen kann.
 Dafs das in Finspång auf die oben beschriebene Art erhal-
 tene Geschützeisen Schwefel enthält, beweiset die starke
 Rothbrüchigkeit des Stabeisens, welches durch Verfrischen
 des überschüssigen Eisens (s. oben p. 103.) vom Geschütz-
 gufs erhalten wird. Die alte Meinung, dafs jede Spur von
 Schwefel in einem für Geschütze bestimmten Eisen, das
 letztere gänzlich verderbe, ist daher irrig, es wird vielmehr
 durch die schwedische Methode im Gegentheil erwiesen, dafs
 für die Darstellung des besten Geschützeisens die Anwesen-
 heit von Schwefel sehr förderlich, ja unerläfslich sei, und
 wir wissen aus anderweitigen Erfahrungen bei der Darstel-
 lung des weissen Roheisens den Grund für diese Erscheinung.
 Natürlich darf auch hier eine gewisse Grenze nicht über-
 schritten werden, denn dafs durch eine bedeutende Beimen-
 gung von Schwefeleisen auch das Roheisen brüchig wird, ist
 bekannt. Ob die geringen Beimengungen anderer Metalloide
 und Metalle, die sich zufolge der Zusammensetzung der Erze
 und des Schmelzprocesses sonst noch im Gufseisen vorzu-
 finden pflegen, schädlich auf die Eigenschaften des letztern
 einwirken, darüber stehen uns jetzt noch zu wenig Erfah-
 rungen zu Gebot.

Die Geschütze aus Bronze.

Bestandtheile
der
Geschütz-
Bronze.

§. 115. Noch älter als die Anwendung des Gufseisens zu Geschützen ist die einer Legirung von Kupfer mit Zinn, wozu in den frühesten Zeiten beim Schmelzen stets Messing gesetzt wurde, also bestand eigentlich das alte Geschützmetall aus Kupfer, Zinn und Zink. Aber es war diese Legirung immer mehr oder weniger verunreinigt, theils mit Blei, weil man statt reinen Zinns alte Geschirre anwendete, theils mit Antimon, Wismuth und Arsenik, welche man durch den sogenannten Sekretfluß hineinbrachte. Der Zusatz von Zink war bis Ende des 18. Jahrhunderts üblich, er schwankte zwischen 0,7—4,80 p. C. und überstieg bisweilen sogar den Procentgehalt an Zinn. Noch ist es nicht entschieden, ob die Zumischung des Zinks bis zu einem gewissen Grade für die Haltbarkeit des Geschützes vortheilhaft oder nachtheilig sei. Daher verbannen jetzt mehre Giefsereien den Zinkzusatz gänzlich, andere dulden ihn bis zu einem Betrag von einigen Procenten, jedoch immer in viel geringerer Menge als die Quantität des Zinns beträgt. Ob eine Beimengung von ungefähr 5 p. C. Zink unschädlich sei, läßt sich aus den Berichten über die Unhaltbarkeit der Geschütze aus solcher Legirung eben so wenig schliessen, als andererseits die Berichte über eine vorzügliche Haltbarkeit solcher Geschütze die Vortheile jenes Zusatzes beweisen. Denn abgesehen von den abweichenden Eigenschaften, welche wegen der Ungleichmäfsigkeit im Guß verschiedene Geschütze selbst derselben Legirung oft besitzen, so sind in den frühern Zeiten nie genaue chemische Analysen angestellt; man setzte zwar Zink zu, aber ob es sich nicht während des Schmelzens ganz oder theilweise verflüchtigt hatte, wer konnte das behaupten?

Eben so wenig Sicheres läßt sich über die Vortheilhaftigkeit anderer Beimengungen, die man versucht hat, z. B. des Eisens, so wie über die Nachtheile der übrigen Metalle

behaupten. Nur Blei, Antimon, Arsenik und Wismuth hält man wegen der Sprödigkeit ihrer Kupferlegirungen im Kanonengut für gefährlich und wohl mit Recht. Wie weit aber die Menge ihrer Beimischung gehen kann, ohne dass wirklich Gefahr für die Zinn-Kupfer- oder Zinn-Zink-Kupfer-Legirung erwächst, ist ebenfalls nicht mit Bestimmtheit ermittelt. Schliesst man aus den bisher bekannten Erfahrungen über die Schädlichkeit jener Beimengungen im Kupfer auf die in der Legirung, so findet man die Grenze, bis zu welcher ihre Beimengung geduldet werden kann, in den Zahlen des §. 613. der 1. Abtheilung. Jedenfalls aber ist dieser Schluss sehr bedenklich; denn es ist bekannt, dass Metalle, mit andern legirt, oft gegen dieselben Stoffe ein anderes Verhalten zeigen, als im unlegirten Zustande.

§. 116. In den neuern Zeiten pflegt man als die eigentliche Geschütz-Bronze nur die Legirung von Kupfer und Zinn zu betrachten, wiewohl einige Giefsereien noch einen kleinen Zusatz von Zink nehmen. Um die zweckmässigsten Verhältnisse zwischen Kupfer und Zinn zu ermitteln, sind mit auferordentlichem Kostenaufwand eine grosse Menge Versuche angestellt, als deren äusserste Grenzen man die Verhältnisse von 95 Kupfer mit 5 Zinn und 80 Kupfer mit 20 Zinn bezeichnen darf. Aber trotz der zahlreichen Versuche ist man noch nicht dahin gelangt, mit Sicherheit angeben zu können, welches von den zwischen jenen äussersten Grenzen liegende Gewichtsverhältniss das beste sei. Denn bei den Proben der gegossenen Geschütze auf ihre Haltbarkeit ergaben sich die widersprechendsten Resultate: es zeigten mehre gleichzeitig aus derselben Legirung gegossene Geschütze eine sehr verschiedene Haltbarkeit und bald sprangen Geschütze von geringem Zinngehalt schneller als die von gröfserem, bald zeigten sich erstere dauerhafter als letztere. So ist man denn neuerlich ziemlich allgemein darin übereingekommen, das Verhältniss von 100 Th. Kupfer und 10 Th. Zinn als das für die Geschützbronze geeignetste zu betrachten.

Verhältnisse
zwischen
Kupfer und
Zinn.

Unmöglichkeit
der
Darstellung
einer
bestimmten
Legirung.

§. 117. Mehre Umstände sind es, welche sowohl die Darstellung einer Legirung von bestimmter procentiger Zusammensetzung im geschmolzenen Zustande, als auch die Leitung des Erstarrungsprocesses, von welchem die Eigenschaften der Legirung abhängen, in hohem Mafse erschweren.

Die Metalle, aus denen Geschütz gegossen werden soll, pflegen selten als solche in den Ofen gebracht, sondern in der Gestalt alter unbrauchbarer Geschütze, deren Zusammensetzung man fast nie kennt. Ist die Legirung geschmolzen, so ist eine Oxydation an der Oberfläche nie zu vermeiden. Diese findet natürlich auch statt, wenn neue Metalle legirt werden. Dafs aber in beiden Fällen keine gleichmäfsige Oxydation eintritt, lehrt die Erfahrung, und dafs von beiden Metallen nicht im Verhältnifs ihrer angewandten Gewichtsmengen Oxyde sich bilden, kann man schon von vornherein aus der verschiedenen Verwandtschaftskraft des Kupfers und Zinns zum Sauerstoff erschliessen und wird durch die zwischen $2\frac{1}{2}$ und 10 p. C. wechselnde Vergütung für den Giefser bestätigt. Der Verlust durch Abbrand ist mithin nicht zu berechnen, und wenn man erwägt, dafs auch die poröse Sohle des Heerdes von der Metalllegirung in ungleichen Verhältnissen einsaugen kann, so leuchtet es ein, dafs über die Zusammensetzung der Legirung während des Schmelzens eine grofse Unsicherheit herrschen mufs, gleichgültig ob man aus neuem Kupfer und Zinn schmilzt, oder ob man alte Geschütze umgiesst, selbst wenn die Zusammensetzung der letzteren vor dem Einsetzen in den Ofen genau ermittelt ist.

Man hat daher auf zweierlei Weise sich Aufschluss über die Zusammensetzung der geschmolzenen Metallmasse zu verschaffen gesucht, indem man eine kurz vor dem Abstechen aus dem Ofen geschöpfte Probe zu einer Stange gofs und einen Theil derselben einer chemischen Analyse unterwarf, das übrige aber einer mechanischen Prüfung rücksichtlich der Härte, Dehnbarkeit, Cohäsion u. s. w. Indefs führen beide Prüfungsarten nicht zu dem gewünschten Ziel. Denn die Zeit, welche zu einer wenn auch noch so rasch doch mit

der erforderlichen Sorgfalt angestellten chemischen Untersuchung erfordert wird, ist mehr als hinreichend, um in dem flüssigen Metallgemisch neue Veränderungen durch Oxydation hervorzubringen. Die mechanische Prüfung der Probestangen aber giebt weniger Aufschluss über die Zusammensetzung der Legirung als über ihre physikalischen Eigenschaften, die bekanntermaßen mit schneller oder langsamer Abkühlung sich wesentlich verändern, und in diesem Falle sind um so weniger folgerichtige Schlüsse zu machen, da wegen der geringen Dimensionen der Form für die Probestangen hier eine schnelle, bei den großen Dimensionen der Formen für das Geschütz dort eine langsame Erkaltung statt haben muß.

Aber selbst wenn es möglich wäre, jeden Abbrand zu verhüten oder durch irgend ein Mittel von der gewünschten procentigen Zusammensetzung einer schmelzenden Legirung sich zu vergewissern, so ist damit noch keinesweges die Garantie für die Güte des aus einer solchen gegossenen Geschützes gegeben. Denn man kennt zur Zeit den Einfluss eines langsamen oder raschen Erkaltes in der Form noch nicht hinreichend genau und wenn ersteres als besonders schädlich erachtet werden sollte, so ist man bei den großen Kalibern dennoch bis auf einen gewissen Grad nicht im Stande, dasselbe zu verhüten, man müßte denn zu dem jetzt allgemein verworfenen Guß über den Dorn zurückgreifen. Und selbst bei dem möglichst schnellen Erkaltenlassen der Geschütze kleinsten Kalibers zeigt sich, daß die erstarrte Metallmasse nicht aus einer ganz gleichartigen Substanz besteht, sondern daß nur durch Gießen sehr schwacher Dimensionen in sehr schnell wärmeleitende Formen ein homogenes Metallgemisch dargestellt werden kann.

§. 118. So weit unsre Kenntnisse jetzt reichen, so verhält sich das geschmolzene Gemenge aus Kupfer und Zinn beim Erstarren auf folgende Weise: es bilden sich aus den Metallen zwei Legirungen, welche durch ihre Eigenschaften sich wesentlich von einander unterscheiden, nämlich eine weiße und eine gelbe. Die weiße besteht aus 23 p. C. Die weiße.

Zwei
Legirungen
in der
Geschütz-
masse.

Zinn und 77 p. C. Kupfer (was ungefähr einer Zusammensetzung von Cu^6Sn entspricht *), ist sehr hart und spröde, feinkörnig und krystallinisch und von ungefähr 8,75 spec. Gew. Sie scheidet sich an manchen Stellen des gegossenen Geschützes in grössern Parthien aus (Zinnflecken genannt), kann durch langsames Erhitzen zum Theil aus dem Geschützmetall ausgesaigert werden, drängt sich bisweilen beim sehr schnellen Erkalten gegossener Geschütze aus dem verlornen Kopf heraus und ist in dieser Gestalt zuerst genauer untersucht worden.

Die gelbe
Legirung.

Die gelbe Legirung ist von röthlichgelber Farbe, geringerem spec. Gew. und schwerer schmelzbar als die vorgenannte weisse, hat übrigens noch nicht im isolirten Zustande untersucht werden können. Es ist daher zweifelhaft, ob sie aus der ganzen übrigen Menge des ausser der weissen Legirung noch im Geschützmetall vorhandenen Kupfers und Zinns besteht, oder ob sie nur durch einen Theil des Kupfers und dem Reste des Zinns gebildet wird und sich daher noch im Gemenge mit überschüssigem Kupfer befindet.

Ob die beiden Legirungen schon im geschmolzenen Metall oder erst in der erstarrenden Masse sich bilden, darüber sind die Meinungen getheilt. Die Giesser nehmen ersteres an und suchen deshalb die schwerere weisse Legirung durch starkes Umrühren kurz vor dem Abstechen innig mit der gelben zu mengen. Es spricht auch dafür der Umstand, dass das in die Risse der Form selbst in der Höhe der Bodenfriese eindringende Metall aus der weissen Legirung besteht.

Anordnung
der
Legirungen
im
gegossenen
Geschütz.

§. 119. Nach dem bisher Erörterten muss man sich den Vorgang beim Giesen bronzener Geschütze folgendermassen vorstellen: Die flüssige Masse, welche in die Form einströmt, erstarrt natürlicher Weise zunächst schnell an den Stellen, wo sie mit der Wand der Form in Berührung ist.

*) Nach andern Angaben aus 21 p. C. Zinn und 79 p. C. Kupfer, was ungefähr einer Zusammensetzung von Cu^7Sn entspricht.

Ist die Form eine schnell wärmeleitende, so wird die zuerst erstarrende Schicht eine dickere sein als im entgegengesetzten Falle. Diese Schicht wird also die mittlere Zusammensetzung des aus dem Ofen strömenden flüssigen Metallgemisches besitzen. Bei weiter fortschreitendem Erstarren beginnt die Sonderung der beiden Legirungen, es erstarrt zuvörderst die gelbe, oder wenn man es vorzieht, das überschüssige Kupfer, welches als Auflösungsmittel der Legirungen diene (das schwerflüssigste von allen), dann die gelbe Legirung, beide aber so innig vermengt, daß selbst mit bewaffnetem Auge kein Unterschied zwischen ihnen wahrnehmbar ist. Zwischen das krystallinische Gefüge dieser gelben Legirung lagert sich ein Theil der leichtflüssigern zinnreichern Legirung, ein anderer größerer Theil aber davon wird mehr nach der Mitte des Geschützes gedrängt, und zwar bestrebt er sich zufolge seines größern spec. Gew. nach der Tiefe des Geschützes zu senken. Es muß daher ein erstarrtes Geschütz in verschiedenen Abschnitten seines Längsdurchmessers sowohl, als seines Querdurchmessers eine verschiedene procentige Zusammensetzung zeigen und zwar wird auf dem Querschnitt der Zinngehalt von aussen nach innen ab- und dann wieder zunehmen bis in die Axe (des nicht gebohrten Stücks), ferner wird sich die weiße Legirung in größerer Menge in der Axe der beim Guß unten befindlichen Theile (des Zapfen- und des Bodenstücks) ablagern und zwar auf dem Querschnitt dieser Theile dieselbe Regel befolgend. Auf dem Längsdurchschnitt aber wird der größte Zinngehalt auf die Axe des Geschützes in der Gegend des Zapfen- und Bodenstücks fallen müssen, denn hier befindet sich die größte Menge der weißen Legirung. Daß Letzteres der Fall ist, beweiset die Thatsache, daß die Bohrer während des Ausbohrens der Seele sehr oft stumpf werden und nicht selten an der harten Zinnlegirung ausbrechen. Die härteste Parthie des Geschützes wird also ausgebohrt und es erklärt sich daher, daß die Bronzegeschütze den Kugelansschlägen nicht so gut widerstehen, als man erwarten sollte und die von

schwerstem Kaliber noch weniger als die vom leichten, weil zufolge der langsameren Erstarrung in den beträchtlich dickeren Formen des schweren Kalibers die weiße harte Zinnlegirung länger flüssig bleibt, deshalb mehr nach der Axe des Geschützes sich biegt und dann unfehlbar mit ausgebohrt wird.

Einen Beweis für die Richtigkeit jener Voraussetzung im Allgemeinen, gab das Ansehen eines 6Pfünders, der unausgebohrt sammt dem verlornen Kopf in der Richtung seiner Längsaxe zerrissen wurde. Die Metallmasse zeigte von oben nach unten betrachtet, Folgendes:

- 1) im ersten Drittel des verlornen Kopfs röthlich gelb, grob krystallinisch, nur wenig der weißen Legirung enthaltend;
- 2) kurz über der Mündung ziemlich gleichmäfsig gelb und weifs, ebenfalls krystallinisch;
- 3) kurz unter der Mündung gelb krystallinisch, weniger weifs;
- 4) im untern Drittel des langen Feldes ziemlich gleichmäfsig gelb und weifs, feinkörnig krystallinisch;
- 5) gleich unter den Schildzapfen gröfsere Parthien der weißen Legirung in die gelbe eingelagert;
- 6) im untern Bodenstück gleichmäfsig gelb und weifs;
- 7) senkrecht in der Axe, wo das Bodenstück mit der Traube zusammenhängt: soweit das abgeschnittene Stück noch im Bodenstück war, gleichmäfsig gelb und weifs, in der Traube dagegen krystallinisch gelb, homogen, ohne Spur der weißen Legirung;
- 8) der Spannzapfen ebenfalls gleichmäfsig gelb und krystallinisch.

In allen diesen Durchschnitten verrieth das Ansehen der Stücke sehr wohl den Einflufs, welchen die wechselnden Dimensionen des Gufsstücks auf das Ausscheiden der beiden Legirungen haben; es war stets, wo der Durchmesser des Stücks schwächer wird, vorzugsweise die gelbe Legirung abgelagert, ferner enthielten die an der äufseren Wand gele-

genen Theile vorzugsweise die gelbe Legirung und erst nach dem Innern zu begann die Mischung beider Legirungen. Nur in der Nähe der Schildzapfen fand sich auch äußerlich sichtbar mehr der weissen. Die letztere Erscheinung ist eine noch nicht hinlänglich erklärte. Vielleicht erkaltet durch die dünne Form der Schildzapfen die gelbe Legirung zu schnell und unregelmässig, so dass sich zackenförmige Verästlungen derselben bilden, zwischen deren Vertiefungen später die vorzugsweise in jener Gegend im Innern noch flüssig vorhandene weisse Legirung eindringt und hier erstarrt.

§. 121. Da nun die Art des Erkaltens vom grössten Einfluss auf die Beschaffenheit des Geschützmetalls ist, so entsteht die Frage: soll man schnell oder langsam erkalten lassen? Es hängt diese Frage mit einer andern zusammen, nämlich ob ein Geschütz aus dem ganz homogenen Metallgemisch besser sei, oder eines aus zwei oder mehr Legirungen?

Art des
Erkaltens.

Eine Antwort auf die Frage über den Vorzug eines Geschützes aus homogenem Bronze-Metall hat durch Versuche noch nicht gegeben werden können, weil auch bei den schwächsten Kalibern in den dünnsten Formen und selbst beim Kernguß das Erstarren immer noch so langsam statt findet, dass eine Bildung der beiden Legirungen unvermeidlich ist. Jedenfalls aber ist auch unter diesen Umständen das relativ schnellere oder langsamere Erkalten von dem wesentlichsten Einfluss auf die Beschaffenheit des Gussstücks. Zur Zeit sind die Meinungen der Geschützgießer über diesen Punkt nicht ganz übereinstimmend. Die einen verwerfen das schnelle Erstarren, weil das Geschützmetall in der Form steige und innerlich hohle Stellen (Gallen) bekomme, die andern das langsame, weil dabei eine zu reichliche Anhäufung der weissen Legirung in der Axe der Seele statt finde, welche theils beim Bohren Hindernisse darbiete, theils ganz ausgebohrt werde, wodurch dann eine zu weiche Seelenwand entstehe. Um namentlich das letztere zu vermeiden, versuchte

man wieder den Gufs über den Dorn, indem man durch das schnelle Erstarren eine harte Kruste auf der innern Wand des Geschützes zu erzeugen glaubte. Indefs die sehr grofsen Nachtheile, welche die Befestigung des Kerns in der Form mit sich bringt, die Gefahr des Verziehens, also der spätern Excentricität der Seele, und endlich die doch nicht erreichte Härte haben diese Gufsmethode fast überall verdrängt.

Einfluss
der Form.

§. 121. Je nachdem man ein rascheres oder langsames Erkalten für vortheilhaft hält, bedient man sich verschiedenen Materials für die Formen und einer verschiedenen Formmethode. Für das langsame Erkalten hält man die Lehmförmerei, für das schnellere die Kastenförmerei am geeignetsten. Da man in den preussischen Giefsereien zur Zeit noch der Lehmförmerei sich bedient, so soll diese zunächst beschrieben werden.

Die
Materialien
zur Lehm-
förmerei.

§. 122. Die Materialien, aus denen die Form gemacht wird, bestehen in der Regel aus Thon, Sand, Kuhhaaren und Pferdemist, die nach ausgeprobten Verhältnissen unter einander gemischt werden. Thon allein würde beim nachmaligen Brennen des fertigen Modells zu heftig bersten und sich verziehen, daher setzt man Sand zu, die Kuhhaare dienen zur bessern Bindung und der Pferdemist zur fettern Consistenz des Erdteigs und zur Erleichterung der Gasentwicklung beim Brennen; man pflegt erstere auch wohl wegzulassen. Genauere Angaben über die Wahl der Bestandtheile in gewissen Zahlenverhältnissen lassen sich natürlich nicht machen, denn die Beschaffenheit des Thones ist so sehr verschieden. Man hat daher im Allgemeinen hauptsächlich darauf zu sehen, dafs weder Thon noch Sand zu sehr mit Kalk und Metalloxyden verunreinigt sind, weil der Kalk durch die beim Erhitzen entstehende Kohlensäureentwicklung Löcher verursacht und die Metalloxyde ein Verglasen der Form veranlassen, und dafs von den Haaren oder Mist nicht zu viel angewendet werde, weil sonst ebenfalls durch die starke Gasentwicklung beim Erhitzen viele Löcher entstehen, in welche sich während des Gusses eine nicht

unbeträchtliche Menge Metall hineinzieht. Man pflegt in der Regel mindestens zweierlei Arten des Formmaterials sich zu bereiten, nämlich eine gröbere Sorte, die aus dem gewöhnlichen Lehm mit ungefähr $\frac{1}{2}$ Th. Sand und $\frac{1}{4}$ Th. Mist oder Haaren zusammengemischt wird (Form- oder Gestalt-Lehm genannt), und eine feinere Sorte, zu welcher dieselben Bestandtheile in etwas anderm Verhältniß genommen werden, aber in sehr fein vertheiltem Zustande, der Thon geschlämmt, der Sand fein gesiebt, die Haare vorher geschlagen und der Mist von den gröbern Bestandtheilen befreit (Zierlehm genannt).

Das
Modelliren
des
Rohrstücks.

§. 123. Das Anfertigen des Modells geschieht auf der Lagerbank *AB* über eine konisch-cylindrische Spindel *C* von möglichst trockenem und wenig biegsamen Holz (gewöhnlich Kiefernholz), welche auf einer eichenen Balkenunterlage *A* ruht, die in den Lagerklötzen *B* fest eingekeilt wird. Man

Fig. 34.

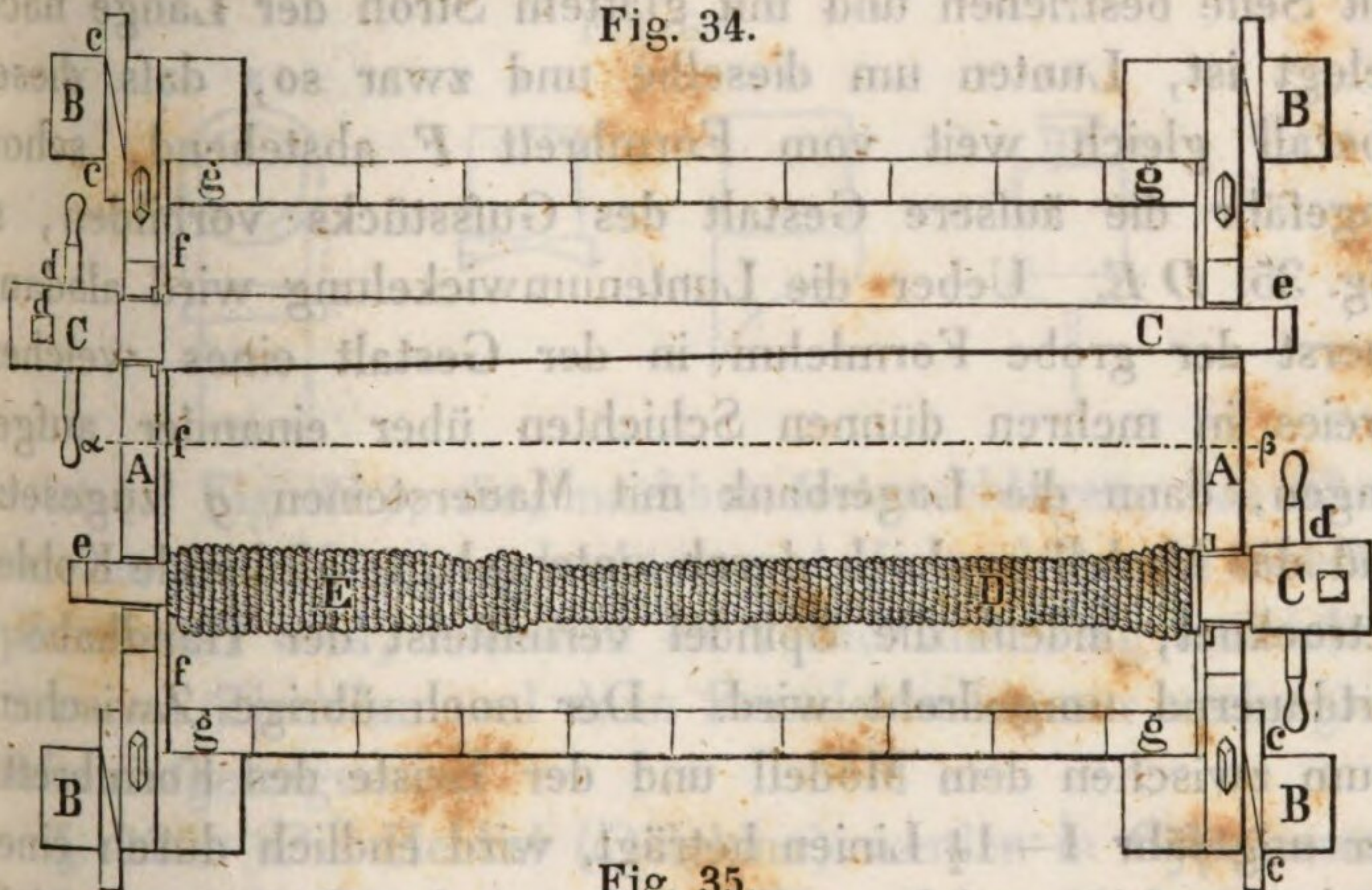


Fig. 35.

legt zuerst horizontal neben die Spindel genau in der Höhe ihrer Axe das Formbrett (die Chablone) *F* (Fig. 36.), an welchem eine Leiste aus Eisenblech oder Messing *x* befindlich ist, welche die äußern Umrisse des Gufsstücks im Profil darstellt, stellt vermittelst Zirkel u. s. w. das Formbrett genau ein und befestigt dasselbe durch die Vorrichtsnägel *b*. Da

die Spindel von nur ungefähr dem halben Durchmesser des zu gießenden Stücks ist, so wickelt man, nachdem sie zuvor

Fig. 36.

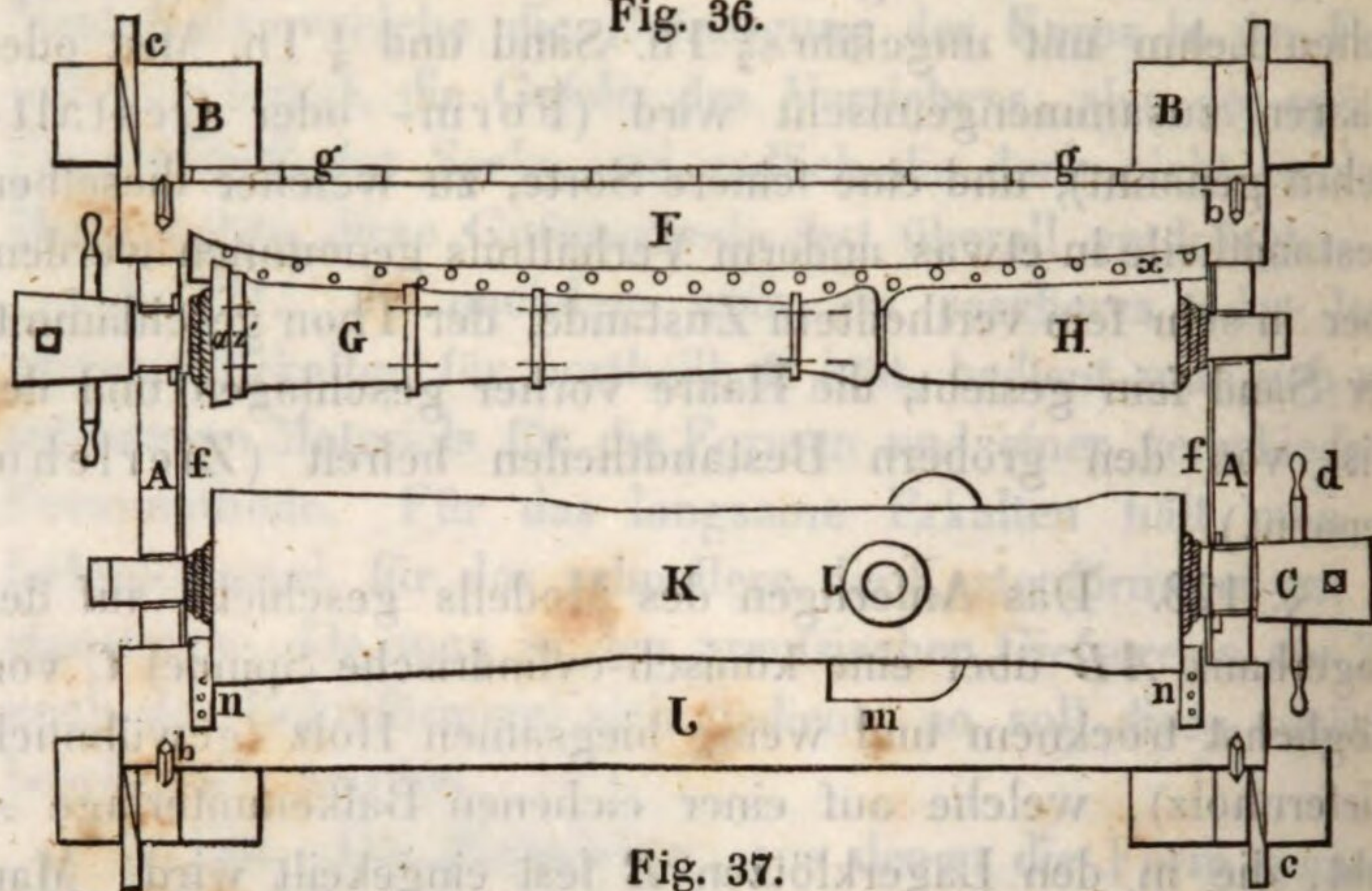


Fig. 37.

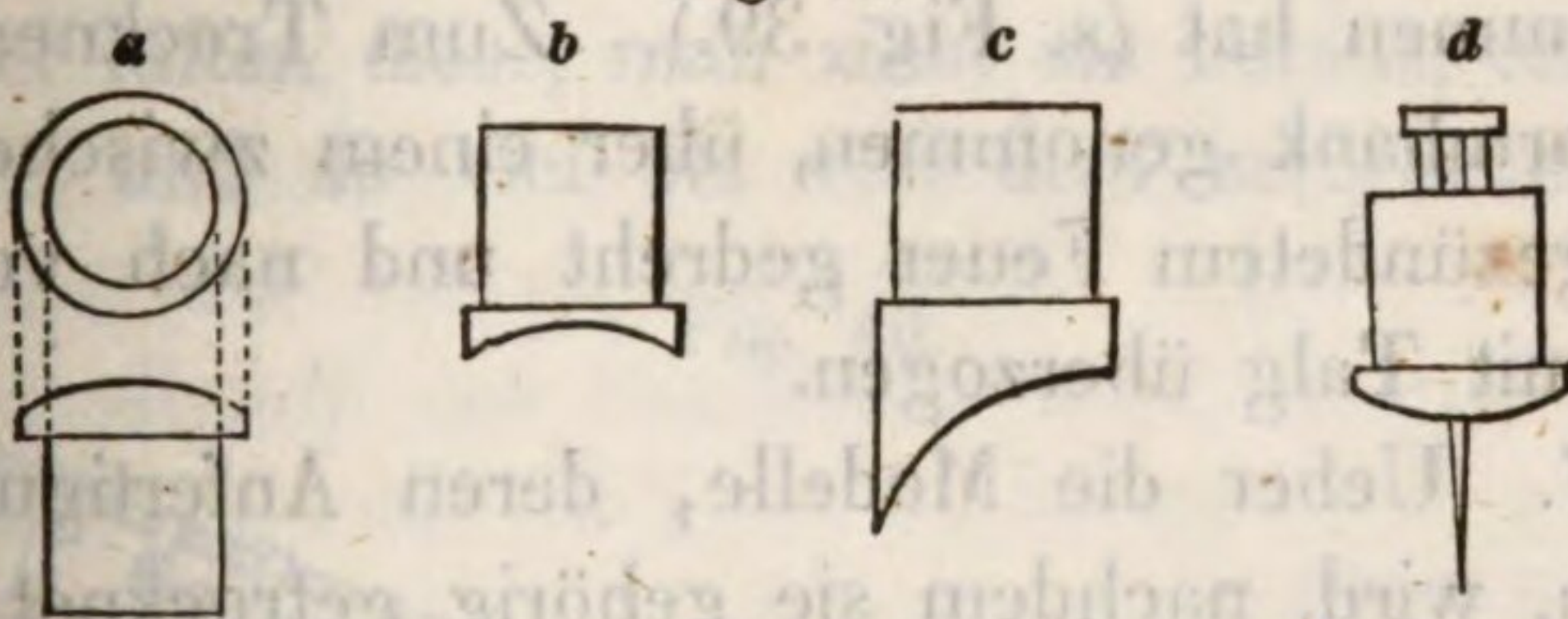
mit Seife bestrichen und mit glattem Stroh der Länge nach belegt ist, Luntten um dieselbe und zwar so, daß diese, überall gleich weit vom Formbrett *F* abstehend, schon ungefähr die äußere Gestalt des Gufsstücks Vorbilden, s. Fig. 35. *D E*. Ueber die Lunttenumwicklung wird alsdann zuerst der grobe Formlehm in der Gestalt eines weichen Breies in mehreren dünnen Schichten über einander aufgetragen, dann die Lagerbank mit Mauersteinen *g* zugesetzt und das Modell sogleich durch untergelegte glühende Kohlen getrocknet, indem die Spindel vermittelst der Handhabe *d* fortdauernd umgedreht wird. Der noch übrige Zwischenraum zwischen dem Modell und der Leiste des Formbretts, der ungefähr 1—1½ Linien beträgt, wird endlich durch einen Brei von fein gesiebttem Formlehm (oder Gyps) ausgefüllt und während dieser Operation die Spindel umgedreht. Auf diese Weise wird durch das Formbrett der überflüssige Lehm abgestrichen und das Modell des Gufsstücks ist fertig (Fig. 36.), mit Ausnahme der Schildzapfen, Henkel und der Traube, welche für sich geformt und dann mit dem Ganzen vereinigt werden. In die erhabenen Theile des Modells

werden bis auf die Lunte Einschnitte gemacht und diese mit Talg ausgegossen, damit jene Erhabenheiten beim Herausnehmen aus der Form in den Vertiefungen der letztern nicht sitzen bleiben. Schliesslich wird das ganze Modell noch mit einer dünnen Talgschicht überzogen und am Formbrett abgeglättet.

§. 124. Die Modelle der Schildzapfen bestehen gewöhnlich aus Holzstücken (oder sie werden für jeden einzelnen Fall aus Gyps angefertigt) und durch lange eiserne Nägel in der Spindel befestigt, nachdem ihre richtige Stellung durch Zirkel und Quadranten vorher genau ermittelt ist. (*d* Fig. 38.). Sollen sie am Geschütz die Stellung haben, dass ihre Axe die Seelenaxe durchschneidet, so haben sie die Gestalt *a*, *b* (Fig. 38.); soll dagegen ihre Axe unter der Seelenaxe versenkt sein, die Gestalt *c* (Fig. 38.). Unter den Kopf des Schildzapfennagels werden längliche Holzstücken

Das
Modelliren
der
Schildzapfen.

Fig. 38.



gesetzt (*d* Fig. 38.), die, nachher fortgeschlagen, das Herausziehen des Nagels erleichtern. Auf das hölzerne Schildzapfenmodell wird, nachdem es vorher mit Talg bestrichen ist, zuerst Zierlehm und dann Formlehm bis zur verlangten Stärke aufgetragen.

§. 125. Die Henkel (Delphine) werden in Gypsformen angefertigt, die aus zwei Hälften bestehen. Man gießt ein flüssiges Gemisch von gelbem Wachs und etwas Pech in die Form, so dass sich, wenn letztere allseitig herumgedreht und dann in kaltes Wasser getaucht wird, nur eine dünne Schicht im Innern ansetzt. Man wiederholt dieses Verfahren einige Male und erhält inwendig hohle Wachshenkel von ungefähr $\frac{1}{8}$ Zoll Stärke der Wände. Diese werden in

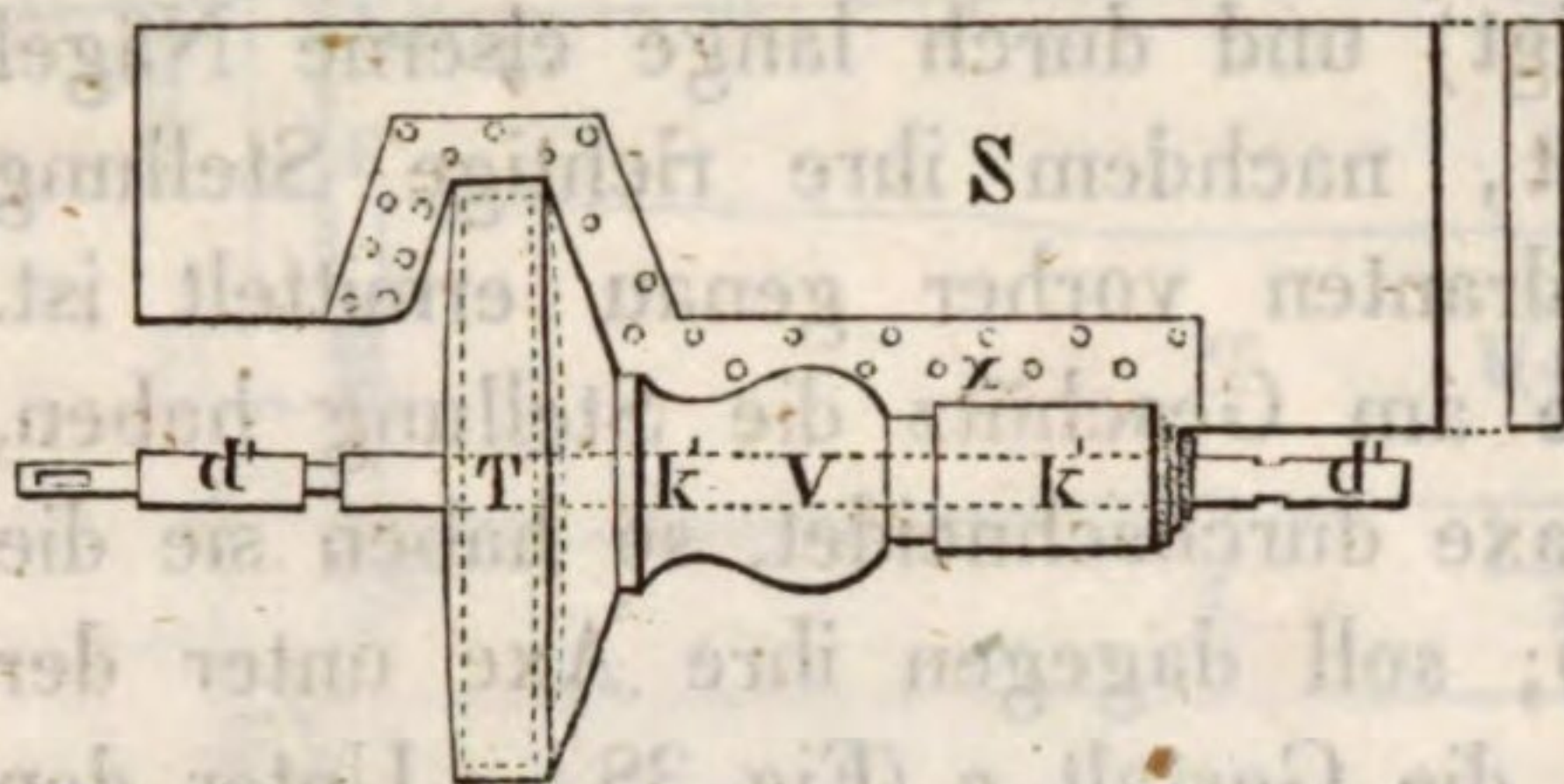
Das
Modelliren
der Henkel.

der vorgeschriebenen Lage zur Schildzapfenaxe, mit ihrer Mitte genau über dem Schwerpunkt, an dem Modell durch die Delphinennägel befestigt, hierauf mit Zierlehm und dann mit Formlehm überkleidet, bis sie die nöthige Festigkeit haben.

Das
Modelliren
der Traube.

§. 126. Für die Anfertigung des Modells der Traube mit der Bodenverstärkung dient eine Spindel mit einer mit Lehm überzogenen Scheibe *T*, die in einer Formbank ruht und mittelst einer Kurbel bewegt werden kann.

Fig. 39.



Auch sie wird, wie die Spindel zum Rohrstückmodell, erst mit Luntten überwickelt und dann mit Lehm überkleidet, bis das Modell die durch die Leiste *x* des Formbretts *S* vorgezeichnete Form bekommen hat (s. Fig. 39.). Zum Trocknen wird es von der Formbank genommen, über einem zwischen Mauersteinen angezündetem Feuer gedreht und nach vollendetem Trocknen mit Talg überzogen.

Das
Formen des
Mantels um
das
Rohrstück.

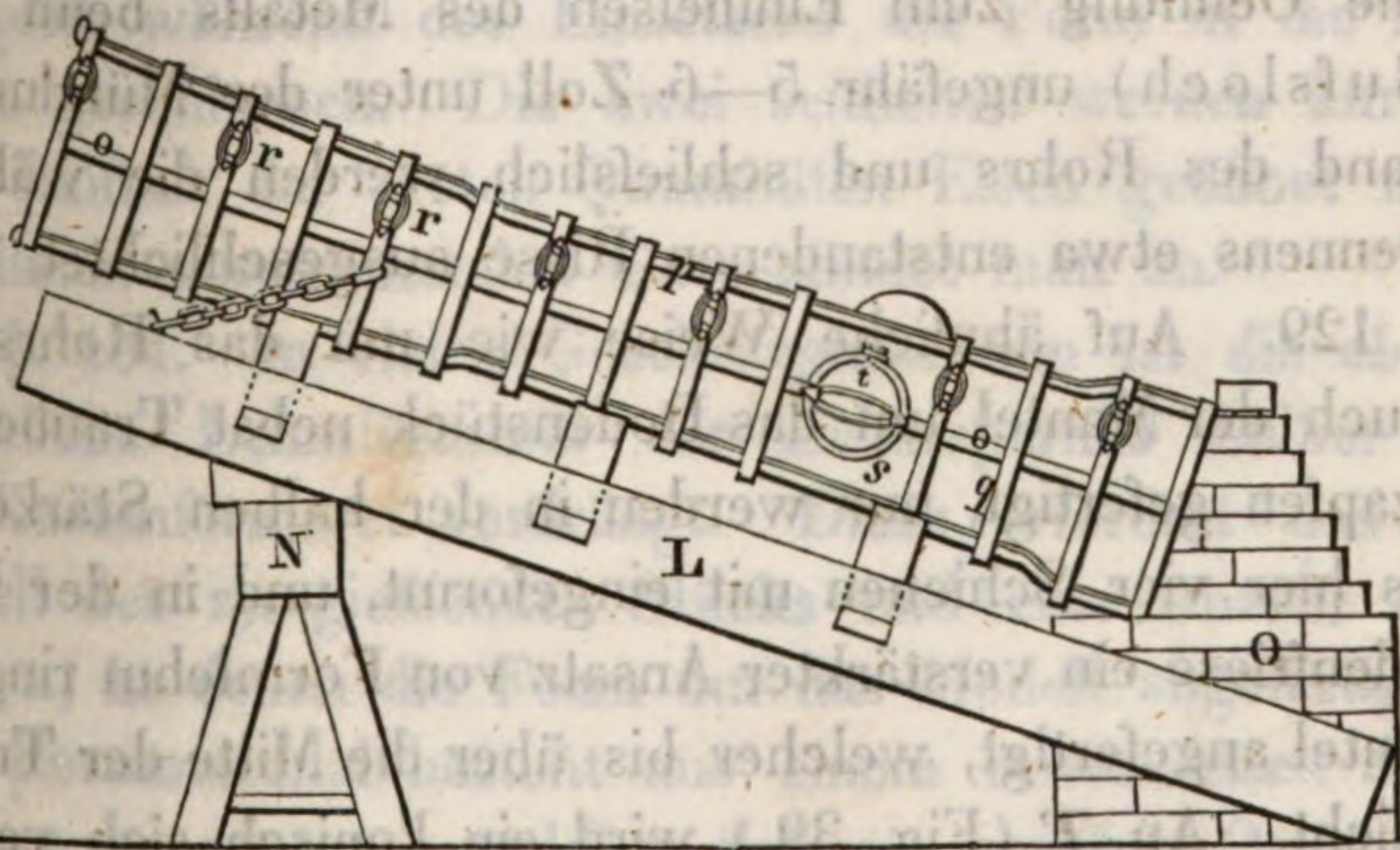
§. 127. Ueber die Modelle, deren Anfertigung bisher beschrieben, wird, nachdem sie gehörig getrocknet sind, die eigentliche Form des Gussstücks, der sogen. Mantel, angefertigt. Das mit Talg eingefettete Modell des Rohrstücks (Fig. 36.) wird zunächst mit Zierlehm ungefähr $\frac{1}{4}$ Zoll dick überkleidet und diese Schicht gelinde getrocknet. Ueber dieselbe fertigt man noch zwei ähnliche, umwickelt die letzte mit dünnem Hanf und vollendet durch noch eine Lage Zierlehm diesen Theil des Mantels — das Hemd genannt — welcher alsdann mit Draht umwickelt und nochmals scharf getrocknet wird. Ueber das Hemd werden hierauf 6 Lagen Formlehm, zusammen $1\frac{1}{2}$ — $1\frac{3}{4}$ Zoll stark, aufgetragen und stark getrocknet, über die Henkel befestigt man Schienen und zieht die Delphinennägel heraus, damit aus den Nagelöchern das geschmolzene Wachs auslaufe. Endlich werden

noch 5—6 Lagen Formlehm aufgetragen, so daß die ganze Dicke des Mantels ungefähr 4 Zoll beträgt. Dies reicht für kleine Röhre aus, für groſse muß die Stärke wenigstens 6 Zoll sein. Die äußere Form wird dem Mantel durch das Formbrett *J* (Fig. 37.) gegeben, in welchem ein Einschnitt *m* das ungehinderte Durchgehen der Schildzapfen *l* während des Umdrehens der Form gestattet.

An den gut getrockneten Mantel wird demnächst der Beschlag angelegt. Er besteht aus langen Schienen *p* und kurzen *o* (Fig. 40.); beide biegen sich an der Bodenfrieſe einwärts und werden hier in den Mantel eingelassen, die langen sind am Ende des verlornen Kopfes, die kurzen am Schildzapfen auswärts gebogen. Sie werden durch die Mantelringe *q* fest gehalten, deren hakenförmige gebogenen Enden *r* mit Draht zusammenzuschüren sind. Aus dem so weit fertigen Mantel wird, nachdem man ihn auf den Schlitten *L* gelegt, das Modell entfernt. Einige leichte Schläge an die Spitze der Spindel lüften diese, man zieht sie heraus, entfernt dann die Lunten und so viel als von dem zerbröckelten Modell

Anlegen
der
Beschlüge.

Fig. 40.

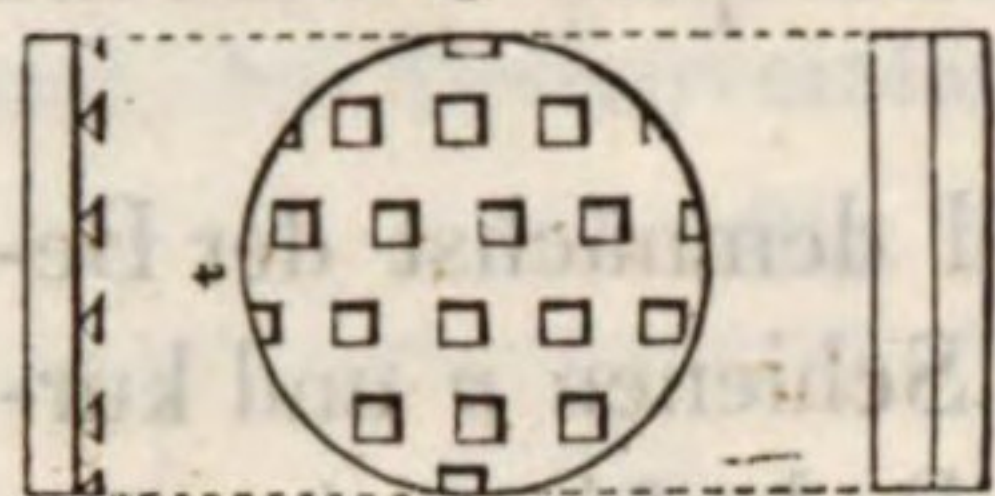


sich herausschaffen läßt und stößt die Schildzapfen nach innen. Durch eingelegte glühende Kohlen schmelzen sowohl der Talg der in den Vertiefungen sitzen gebliebenen Friesen und diese fallen heraus, als auch das noch etwa rückständige Wachs der Henkel. Das Innere der Form wird hierauf

gereinigt, geebnet und geschlichtet, d. h. mit einem fein geriebenen Gemisch aus Thon, Asche, Essig und Bier ausgestrichen.

Die Zurüstung des Rohrstücks beendigt man durch das Aufsetzen der Schildzapfenplatten, welche auf der untern

Fig. 41.



Fläche kleine Zapfen haben (Fig. 41.), damit die darauf ungefähr 1 Zoll stark aufzutragende Lehmschicht besser hält. Die Schildzapfenform wird durch Ringe

s zusammengehalten (s. Fig. 40.) und die Platten *t* mittelst Draht befestigt, der um die Haken der Schienen *o* geschlungen wird.

Das
Brennen des
Rohrstücks.

§. 128. Der Mantel des Rohrstücks wird demnächst auf den Bock *N* gelegt, in dieser schrägen Lage (s. Fig. 40.) an *L* mit Ketten festgehalten und so an einen kleinen aus Mauersteinen aufgerichteten Ofen *O* angelegt, daß das Feuer von den ein wenig unter der Oeffnung des Mantel angebrachten Roststäben durch das Rohr als Schornstein ziehen muß, indem der schräge Feuerraum oberhalb durch Mauersteine geschlossen ist. Nach vollendetem Hartbrennen bohrt man die Oeffnung zum Einfließen des Metalls beim Gufs (das Gufsloch) ungefähr 5—6 Zoll unter der Mündung in die Wand des Rohrs und schliesslich werden die während des Brennens etwa entstandenen Risse ausgeschlichtet.

Das
Bohren des
Gufslochs.

Das
Formen des
Mantels um
das
Bodenstück.

§. 129. Auf ähnliche Weise wie um das Rohrstück, wird auch der Mantel um das Bodenstück nebst Traube und Spannzapfen gefertigt, nur werden in der halben Stärke des Mantels hier vier Schienen mit eingeformt, und in der Höhe der Bodenfrieze ein verstärkter Ansatz von Formlehm ringsum den Mantel angefertigt, welcher bis über die Mitte der Traube herabreicht. An *T* (Fig. 39.) wird ein konisch sich verjüngender Zapfen angeformt, welcher in die verlängerte und konisch sich erweiternde Bodenfrieze *a* des Rohrstücks (s. Fig. 36.) genau hineinpafst und an dieser Stelle die von aussen nach innen gebrannte Form des Bodenstücks, gut geschlichtet, mit dem Rohrstück durch Draht und Anhänger

verbunden. Ist jedoch das Gufsstück von sehr grossem Kaliber, so bringt man den fertigen Mantel des Bodenstücks zuvor in die Dammgrube und befestigt erst hier das Rohrstück mit demselben.

§. 130. Auf eine sehr ähnliche wie die eben beschriebene Weise findet das Anfertigen des Modells und der Form für den Gufs eiserner Geschütze zu Finspång statt. Nur bedient man sich für die Gestalt des verlornen Kopfs eines konischen Holzstücks, in dessen schmaleres Ende die Spitze der Spindel eingesteckt ist, damit man nicht zu viel Strohseile umzuwickeln braucht. Die Traube formt man über ein fertiges Modell, von welchem sie in zwei Hälften heruntergenommen wird, die dann nach ihrer Zusammenfügung mit dem Rohrstück vereinigt werden. Statt das Gufsloch seitlich in die Form zu bohren, wird auf die Mündung der Form ein Lehmdeckel gelegt, unter welchem seiner festern Lage halber ein eiserner Ring mit vier Armen sich befindet. Durch den Deckel wird in der Mitte, wo der Ring sich befindet, das Gufsloch gemacht und seitwärts daneben zwei andere Oeffnungen, die zum Entweichen der Gase dienen. Alle drei sind durch Pfropfen während des Einsetzens der Form in die Dammgrube geschlossen. Die zwei seitlichen werden kurz nach dem Einflufs der ersten Quantitäten Eisen geöffnet und die aus ihnen ausströmenden Gase zündet man an.

Lehm-
förmerei in
Finspång.

§. 131. In vielen Geschützgiefsereien ist die eben beschriebene Lehmförmerei der Zeitersparnifs halber durch die Kastenförmerei verdrängt. Diese erfordert das fertige Modell des zu gießenden Stücks und eine Anzahl eiserner Kasten, in denen die Form um das Modell angefertigt wird. Das Formmaterial besteht aus einem etwas fetten Sand — Masse genannt —, welcher sich an manchen Orten zufällig fertig gebildet vorfindet, indem Thon und Sand gleichzeitig sich absetzten, meistens aber durch Zusammenmischung geeigneter Materialien künstlich dargestellt wird. So wählt man als Zusatz zu magerm Sand, der fast aus reiner Kiesel-erde besteht, Lehm oder zerstoßene Kapselscherben von den

Die Kasten-
förmerei.

Das
Formmaterial,
Masse.

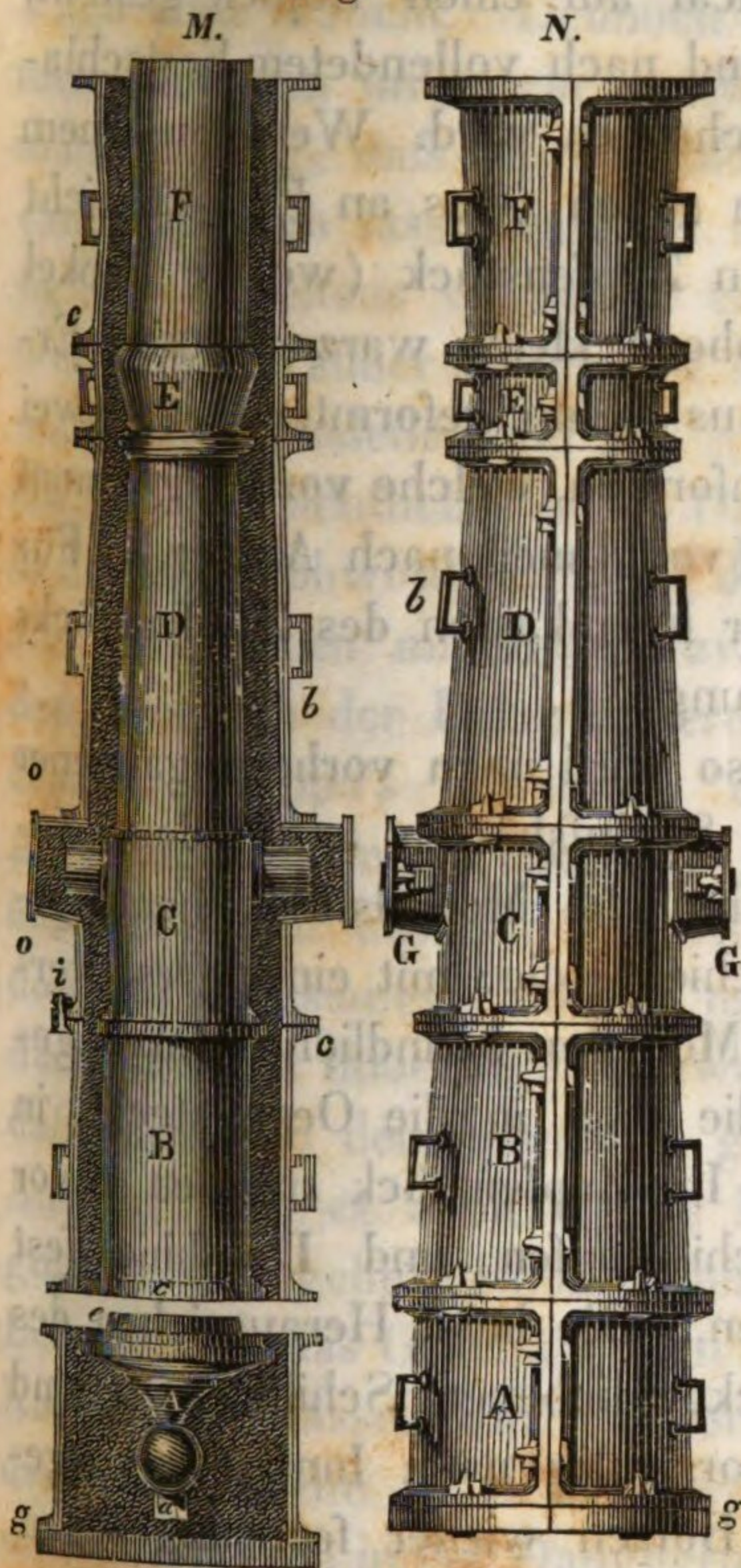
Porzellanfabriken (Abth. I. §. 451.) oder andere thonhaltige Materialien. Die Masse wird sehr fein gesiebt und nur mit so viel Wasser angefeuchtet, daß sie sich eben etwas zusammenballen läßt. Es ist wohl zu beachten, daß der Lehm und Sand weder organische Stoffe noch kohlensaure Salze enthalten, welche beim Guss eine heftige Gasentwicklung verursachen würden; auch eine Beimischung von viel Eisenoxyd, Kalk und andern Metalloxyden ist schädlich, weil sie leicht eine Verschlackung der Form veranlassen kann.

Die Modelle. Die Modelle der Geschütze sind gewöhnlich aus Bronze und zwar hohl gegossen, mit einer Metallstärke von ungefähr 5 Linien; man verfertigt sie auch wohl aus Zink, Messing oder Eisen, aber nicht mehr aus Holz. Sie stellen die äußere Gestalt des zu gießenden Stücks dar, sind aber natürlich um das Schwindmaß des zum Guss dienenden Metalls und um die später abzdrehende Schicht der Oberfläche größer. Jedes Modell besteht aus mehreren einzelnen Theilen, die ineinander gefalzt genau einer auf den andern passen und beim Modelliren fest aneinander geschoben werden. Meistentheils zerfällt ein Modell in 8—9 Stücke, bisweilen auch in weniger. Die Schildzapfen werden eben so wie die Delphine durch Schrauben, die von Innen nach Aussen greifen, am Rohrstück befestigt.

Die Formkasten bestehen aus Gusseisen und sind im Metall ungefähr 7—8 Linien dick. Sie zerfallen ebenfalls in mehre gut auf einander passende Theile, von denen jeder mit dem darin zu formenden Modelltheil gleiche Höhe hat, aber in der Regel in weniger Theile, als das Modell hat, denn man kann oft zwei Theile des Modells in einer Abtheilung des Formkastens formen. Während z. B. Traube, Spanzapfen und Stoßboden drei Stücke im Modell ausmachen, werden dieselben meistens in einer Abtheilung der Formkasten abgeformt. Die Form von der nebenstehenden Figur besteht aus 6 Kasten, von denen jeder Handhaben *b* und übergreifende Ränder *c* hat, in denen Oeffnungen für Bolzen *i* sich befinden und welcher seiner Längsaxe nach in zwei Hälften

auseinander zu nehmen ist. Sie sind so weit im Durchmesser, daß der Abstand ihrer Wände von denen des Modells durchschnittlich 3—4 Zoll beträgt, und alle mit einer

Fig. 42.



großen Anzahl kleiner Löcher durchbohrt, welche ein leichtes Entweichen des Wasserdampfs gestatten.

Das Formen findet ungefähr auf folgende Weise statt: das Modell *A* für Spanzapfen, Traube und Stosboden wird auf ein horizontales Brett (das Modellbrett) umgekehrt gelegt, so daß der Anguß *e* genau in eine entsprechende Höhlung des Brettes hineinpaßt. Nachdem die um das Modell gelegten Kastenhälften mit Masse voll gestampft sind, wird die Platte *g* aufgelegt, fest geschraubt und von dem umgedrehten Kasten das Modellbrett abgehoben. Auf diesen Theil wird alsdann das Modell des Bodenstücks

Das
Formen über
die Modelle.

B, welches mit seiner Vertiefung *c* genau auf *e* paßt, aufgesetzt und eben so geschieht es mit den Formkasten für dieses Stück des Modells. Der oberste Rand der Formmasse wird nach Eindämmung jedes einzelnen Stücks in gleicher Höhe mit dem Rande des Formkastens mit einer Kelle glatt abgestrichen und dann mit Kohlenstaub besiebt, damit er nicht an den untern Rand des folgenden Stücks fest anlebe. In gleicher Weise verfährt man nachher auch mit dem langen Feld *D*, dem Kopfstück *E* und dem ver-

lornen Kopf *F*. Nur die Schildzapfenmodelle werden in ihren Formen, wenn das ganze Zapfenstück abgeformt ist, noch einmal mit Schlägeln fest eingedämmt, indem das Zapfenstück abgenommen und vertical auf einen Zapfen gestellt, der Deckel *o* losgeschoben und nach vollendetem Festschlagen der Masse wieder aufgeschoben wird. Wenn an einem Rohre Henkel (Delphine) sein sollen (was an Fig. 42. nicht ist), so befinden sich auf dem Zapfenstück (wo die Henkel ihre gewöhnliche Stellung haben) kleine warzenförmige Erhöhungen, auf welche die aus Lehm geformten, aus zwei Hälften bestehenden Delphinenformen, welche vorher gebrannt sind, angeschoben werden (von Innen nach Aussen). Für die Delphine hat natürlich der Formkasten des Zapfenstücks eine entsprechende Ausbauchung.

Das
Herausziehen
der Modelle.

Ist die Form vollendet, so wird nach vorhergegangener Lüftung der Bolzen an den Schlussleisten aus jedem einzelnen Kasten das darin befindliche Modellstück herausgezogen, was durch Eisen geschieht, die, mit einer Oese versehen, an inwendig in den Modellen befindliche Haken gehängt und mittelst Hebeln, die man in die Oese steckt, in die Höhe gehoben werden. Im Zapfenstück müssen zuvor die Schrauben, welche Schildzapfen und Delphine fest halten, herausgezogen werden. Die beim Herausziehen des Modells in der Form zurückgebliebenen Schildzapfen und Delphine werden alsdann vorsichtig nach Innen herausgenommen und schliesslich die Bolzen wieder fest angezogen. Selten geht das Herausziehen der Modelle ganz ohne kleine Beschädigung der Form ab und es wird daher diese nachgesehen und ausgebessert, bevor sie zum Brennen kommt. Letzteres geschieht auf kleinen aus Mauersteinen zusammengesetzten Oefen *O* (Fig. 40.) mittelst Flamme von Holzfeuer und wird bis zum Rothglühen des Innern gesteigert. Durch Schlichten mit einem Gemisch aus Milch und Graphit sucht man endlich die beim Brennen etwa entstandenen Risse auszustreichen und zu bewirken, dass das spätere Gussstück sich leicht aus der Form löse.

§. 132. Die Kastenförmerei hat augenscheinlich den bedeutenden Vorzug vor der Lehmförmerei, daß sie in eben so viel Stunden ein Modell abformt, als die Lehmförmerei Tage dazu braucht. Dennoch ist letztere noch nicht allgemein verlassen und zwar aus zwei Ursachen. Erstens glaubt man vielfältig, daß die Lehmform das Gussstück viel langsamer erkalten lasse, was für die Güte des Geschützes wichtig sei. Zweitens würde für eine Gießerei, die sehr häufig wechselnde Kaliber zu gießen hat, das Anlagekapital für die mancherlei Modelle und die große Menge der Formkasten ein sehr beträchtliches sein. Daher bedient sich die Gießerei in Finspång, obwohl während der Campagne durchschnittlich alle 12 Stunden mindestens zwei Geschütze gegossen werden, dennoch der Lehmförmerei, weil dort für verschiedene Staaten Europa's Geschütze des abweichendsten Kalibers gegossen werden. Ueber das langsame Erkalten herrschen indessen noch abweichende Ansichten: die Einen glauben, daß ein langsames Erkalten nicht vortheilhaft, die Andern, daß dasselbe unbedingt nothwendig sei; die Einen meinen, daß es nur in der Lehmform genügend zu erlangen sei, die Andern, daß es auch in der Massenform noch hinreichend gut vor sich gehe. Endlich behaupten Manche, daß in den Lehmformen das Geschütz nicht langsamer erkalte, als in den Kasten mit Massenform. Es bringt jedoch sicherlich schon die verschiedene Aufstellungsweise (s. u. §. 135.) der Lehm- und Kastenform in der Dammgrube ein langsameres Erstarren in der erstern mit sich. Keinenfalls aber ist der Unterschied im Erstarren zwischen beiden so groß, daß er sich zum Nachtheil der in Kastenform gegossenen Geschütze geltend machte. Das beweisen die noch täglich in Augsburg und Wien in Massenform gegossenen vortrefflichen Bronze-Geschütze. Eben so hat sich durch die bisherigen Erfahrungen auch für den Guss eiserner Geschütze kein wesentlicher Nachtheil in der Kastenförmerei herausgestellt. Darin aber stimmen neuerlich alle Giesser überein, daß ein so schnelles Erstarren, wie es in den eisernen Formen ohne Anwendung von Sand

Vortheile
der Kasten-
förmerei.

Die
Einstellung
der Formen
in die
Dammgrube

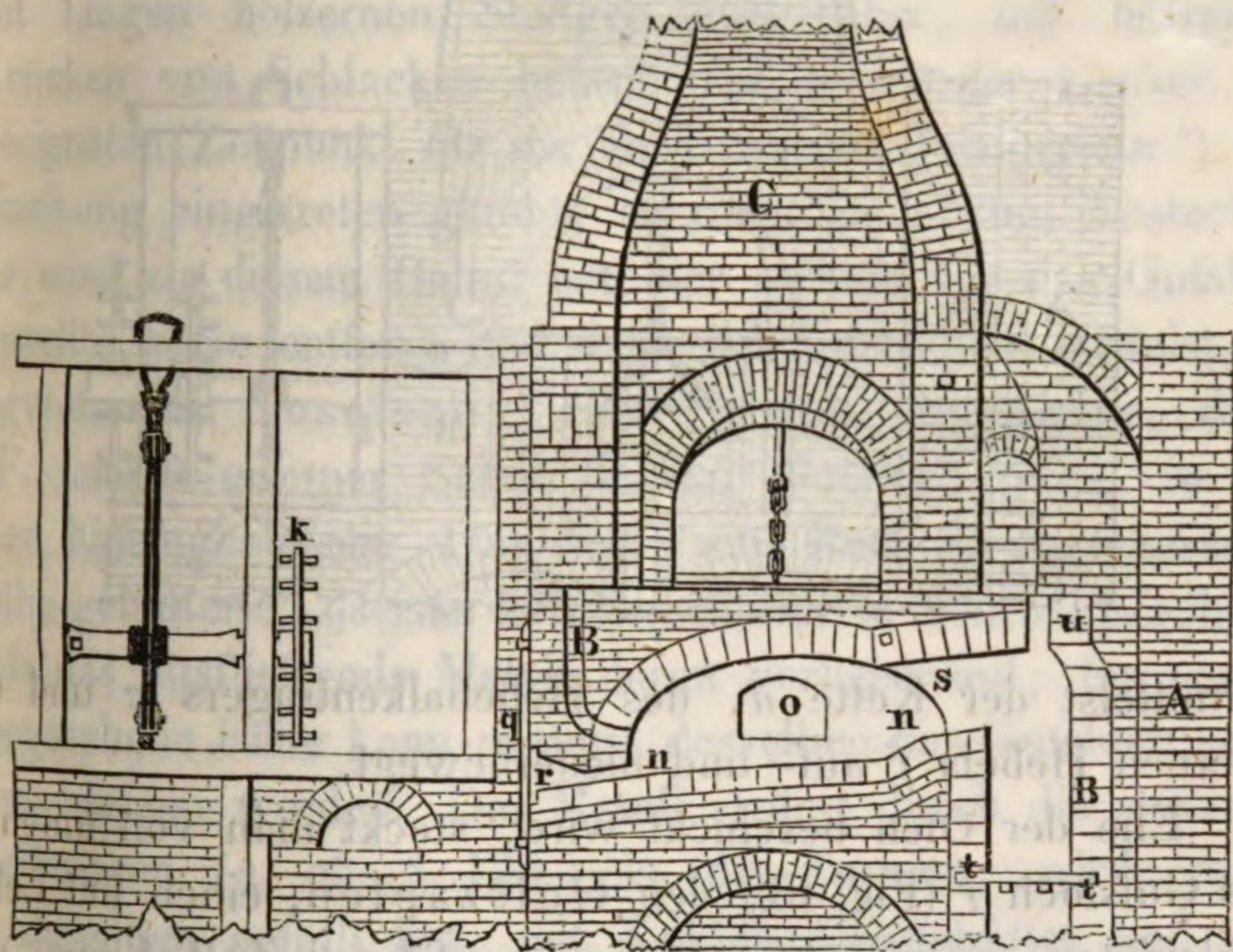
Die
Einstellung
der Formen
in die
Dammgrube.

oder Masse (beim sogenannten Schalengufs) statt findet, nur unbrauchbare Gufsstücke voll Blasen und Gallen liefert.

§. 133. Die auf die oben (§. 123—29.) beschriebene Art vorgerichteten Lehmformen werden nun auf folgende Weise zum Gufs zugerüstet: man bringt dieselben mit verdeckter Mündung und verstopftem Gufsloch auf Schlitten bis zur Dammgrube, einer Vertiefung unter dem Gufsloch des Ofens, hebt sie hier mittelst eines Windewerks *kl* (Flaschenzüge, Fig. 44.) aus den Schlitten und stellt sie senkrecht auf, in welcher Lage jede Form so lange durch Strebebalken fest gehalten wird, bis sämtliche für einen Gufs bestimmte Formen (8—14 Stück) aufgestellt sind. Dann werden die Formen ringsum mit Dammerde, einem thonhaltigen Sande, fast bis zur Höhe der Eingufsöffnungen umgeben und darin fest eingestampft. Die ganze Grube wird mit Erde ausgefüllt und nur neben den Formen läßt man eine Vertiefung, welche das überschüssige Metall (den Wolf) aufnimmt. Hierauf werden in die Dammerde die Gufsrinnen für die Ableitung des geschmolzenen Metalls aus Thon oder Ziegelsteinen gemauert. Von der Hauptrinne, die zum Gufsloch des Ofens geht, führen links und rechts Seitenrinnen, in welche die Eingufsöffnungen je zweier oder dreier Formen einmünden. Sie sind ungefähr 6 Zoll tief, 4—5 Zoll breit und haben einen geringen Fall. Weil stets nur eine Form auf einmal sich füllen soll, so werden sowohl die abgezweigten Seitenrinnen von der in der ersten Reihe zunächst am Gufsloch befindlichen durch Thonscheidewände abgesperrt, als auch die in eine Seitenrinne ausmündenden Eingufsöffnungen der Formen durch kleine mit Lehm bestrichene eiserne Platten (die Vorsetzer) so lange zugehalten, bis die hinterste Form in der Reihe sich gefüllt hat. Dann zieht der Arbeiter den Vorsetzer weg und läßt eine Form nach der andern sich füllen und wenn auf diese Weise die Formen der ersten Reihe vollgegossen sind, wird die Thonscheidewand für die zweite Reihe weggeschlagen und hierauf dieselbe Weise, wie vorher, verfahren.

§. 134. Gleichzeitig mit der Vorrichtung der Formen wird auch der Gießofen in Gang gesetzt. Derselbe ist in Berlin und Breslau ein Reverberirofen mit Zügen, nach der alten Construction (Fig. 43.). Der aus Charmottesteinen auf

Fig. 43.

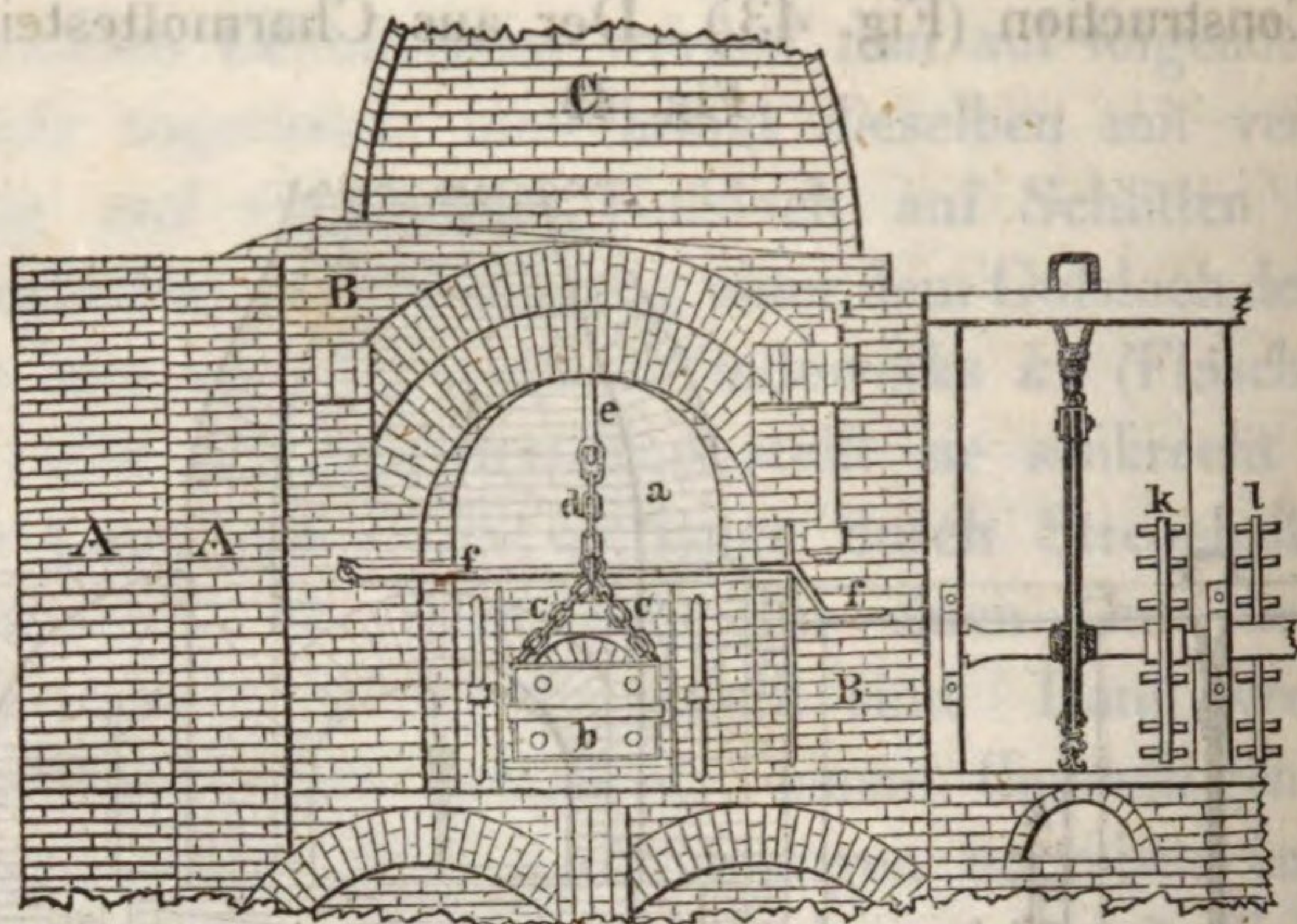


Durchschnitt
des
Gießofens
für Bronze-
geschütze
in Berlin.

einem starken Gewölbe aufgemauerte Heerd *n* ist elliptisch und senkt sich ein wenig von hinten nach dem Gufsloch *r* und von den Einsatzthüren *o* nach der Mitte. Durch das Gewölbe, welches in der Mitte ungefähr $3\frac{1}{2}$ Fuß von der Heerdsohle absteht, gehen mehre Züge (Windpfeifen), welche die Flamme in geeigneter Weise über den Heerd leiten und die Verbrennungsprodukte durch den Rauchfang *u* (Fig. 44.) in den Schornstein *C* abführen. Durch das Schürloch *u*, welches durch eine seitwärts verschiebliche Eisenklappe verschließbar ist, wird das Brennmaterial — in der Regel gut getrocknetes Elsenholz — auf den Rost *t* gestürzt, von welchem aus die Flamme durch den Schwalg *S* über den Heerd schlägt. Das Holz wird in ganzen Scheiten aufgegeben und verbrennt stehend. Der Rost bekommt den Luftzug durch einen aus dem Aschenfall ins Freie führenden Canal und liegt 4 Fuß 10 Zoll unter der Brücke. Die

Thüren *b* bestehen aus einem Rahmen von eisernen Schienen, welcher mit Charmottesteinen ausgemauert ist. Sie werden

Fig. 44.



Seitenansicht
des
Gießofens.

vermittelt der Kette *d*, des Hebebalkenträgers *e* und des eisernen Hebels *f* auf- und niederbewegt.

Einsetzen
der
Metallmasse.

Ehe der Ofen beschickt wird, steckt man von Innen in das Gufsloch *r* (Fig. 43.) den Gufszapfen, einen mit Lehm bekleideten eisernen Kegel von ungefähr 6 Zoll Länge und 3—4 Zoll Grundfläche, und außen setzt man einen mit Lehm bestrichenen Stein vor dasselbe. Hierauf wird das Metall eingesetzt, und zwar sind dies meistens alte unbrauchbare Geschütze, verlorne Köpfe und Wölfe von frühern Güssen im Betrag von ungefähr 300 Centnern. Man windet diese Metallstücke in die Höhe der Fenster und rollt sie dann auf Walzen durch die Thüren *o* auf die Heerdsohle. Die alten Kanonen werden ganz eingesetzt, nachdem die Henkel abgeschlagen sind. Wenn nicht hinreichend alte Bronze vorhanden ist, also noch Kupfer und Zinn zugesetzt werden muß, so setzt man das Kupfer, falls seine Menge beträchtlich ist, gleich mit der alten Bronze ein und beginnt hierauf das Heizen; ist nur wenig nöthig, so schmilzt man erst die alte Bronze ein und setzt dann das Kupfer zu. Nachdem die Masse in Fluß gekommen ist, werden auch Bohr- und Drehspäne von der Bearbeitung fertiger Geschütze zeitweilig hinzugefügt und zuletzt, nicht

Zusatz
des Zinns.

lange vor dem Abstechen, eine bestimmte Quantität Zinn, welche der Gießer nach dem Aussehen der alten Bronze und nach dem erfahrungsmässigen Abbrand bei der gegebenen Construction des Ofens und der bestimmten Heizmethode abschätzt. Das geschmolzene Metall wird von Zeit zu Zeit mit langen hölzernen Stangen umgerührt, mit hölzernen Krücken von Schlacken befreit und wenn der Gießer den geeigneten Zeitpunkt für die angemessene Temperatur *) und Mischung eingetreten glaubt, schreitet man zum Abstechen. Es wird zu diesem Behuf erst der aufsen vor das Gussloch gestellte Stein entfernt und dann der Gusszapfen mittelst des sogenannten Loseisens, einer langen Holzstange, deren 4 F. langer eiserner Schuh in das Gussloch paßt, in den Ofen hineingestossen. Das durch eine Kette in angemessener Höhe gehaltene Loseisen hält der Gießer in dem Gussloch so, daß das ausfließende Metall daran vorbeiströmt; für unvorhergesehene Fälle kann mittelst desselben das Gussloch völlig verschlossen werden. Das Metall strömt durch die seitlichen Oeffnungen (s. ob. §. 128.) in die Formen, wird, wenn es dieselben gefüllt hat, mit Kohlen überschüttet und über diese werden Deckel aus Eisenblech gedeckt. Nach 4—5 Tagen werden die Gussstücke aus der Dammgrube entfernt, die eisernen Beschläge abgenommen und die Formen zer schlagen. In ihnen befinden sich stets wiewohl nicht bedeutende Mengen von Metall, welches in die feinen Risse eingesickert ist; und zwar besteht dieses oft aus der weissen oder einer ihr ähnlichen Legirung **). Es wird dasselbe von der Formmasse gereinigt und entweder mit Bohrspänen spätern Güssen zugesetzt oder als Krätze für sich verarbeitet. Schliesslich wird der verlorne Kopf abgesägt, der Spann-

Das
Umrühren.

Das
Abstechen.

Das
in die Form
eingedrun-
gene Metall.

*) Man hält hier den heissen Guss für sehr vortheilhaft und zwar den Moment, wo die Oberfläche der geschmolzenen Masse im Ofen mit hellem Glanz spiegelt.

**) Eine in der Höhe der Bodenfrieze eingedrungene Metallmasse von weißer Farbe, großer Sprödigkeit und 8,954 spec. Gew. enthielt z. B. 19,73 p. C. Zinn.

zapfen geebnet und so ist das Stück zum Ausbohren und Abdrehen vorbereitet.

Gussverfahren
in andern
Giefsereien.

§. 135. In den Giefsereien anderer Länder, welche Bronzegeschütze liefern, so wie in den schwedischen Eisen-geschützgiefsereien ist das Gussverfahren dem eben beschriebenen durchaus ähnlich, nur pflegen dort nie so viel Geschütze auf einmal gegossen zu werden und das Einfließen in die Form findet nicht seitwärts, sondern von oben in der Richtung der Axe der Form statt. Wenn das Metall die Form ungefähr bis an die Schildzapfen gefüllt hat, pflegt man die Einflußöffnung mittelst eines birnförmigen Eisens auf einen Augenblick zu verschliessen und dann die in der Gufsrinne angesammelte Metallmasse plötzlich in die Form stürzen zu lassen, damit das in der Form befindliche flüssige Metall in eine starke Bewegung gerathe. Man will durch letztere etwaige Luftblasen, die sich in den Ecken der obern Wand der Schildzapfenform angesetzt haben können, wegschaffen. Bei der Kastenförmerei bleiben auch die durch Spreizen und Strebebalken ohne Sandumdämmung in der Dammgrube aufgestellten Formen selten über 24 Stunden stehen, ohne auseinander genommen zu werden und dasselbe findet in den schwedischen Giefsereien statt.

Oefen
anderer
Giefsereien.

§. 136. Aber es unterscheiden sich die Oefen anderer Giefsereien von denen der preussischen, indem sie Flammenöfen mit niedrigerem Gewölbe und längerer Heerdsohle sind. Sie sind dem oben in Fig. 33. abgebildeten Ofen gleich oder sehr ähnlich. Erfahrungsmässig verdienen diese Oefen vor denen, wie sie in den preussischen Giefsereien in Anwendung sind, den Vorzug. Denn sie ersparen an Brennmaterial, an Verlust durch Abbrand, wenn die Heizung geschickt geleitet wird, und an Zeit beim Einschmelzen. Freilich kann man sie nicht zweckmässig so groß machen, daß 300 Centner Metall auf einmal in ihnen geschmolzen werden kann, aber sie sind doch hinreichend groß, um wenigstens das Material für zwei bis drei Geschütze größeren Kalibers zu fassen. Außerdem können sie ohne wesentliche Abänderung ihrer

Construction zum Gufs eiserner Geschütze dienen, wozu der oben abgebildete Ofen der Lütticher Giefserei in der That vorzugsweise angewendet wird.

§. 137. Um einen ungefähren Anhaltspunkt für die Beurtheilung der Gufsstücke zu haben, pflegt man gleichzeitig mit diesen eine Anzahl Probestangen zu gießen, welche man nachher einigen mechanischen Proben in Bezug auf Cohäsion, Elasticität u. dergl. unterwirft. Welcher Werth auf diese Prüfung zu legen sei, ist schon oben (§. 117.) angeführt. Gleichwohl ist es zweckmäfsig, dergleichen anzufertigen, damit sie zur chemischen Analyse dienen können. Denn wenn man auch aus ihrer physikalischen Beschaffenheit nicht auf die Anordnung der beiden Legirungen im Geschütz einen vollgültigen Schluss machen kann, so werden sie wenigstens die mittlere Zusammensetzung des gleichzeitig mit ihnen gegossenen Geschützes besitzen. Man wird aber nur dann jeden beliebigen Querschnitt von ihnen der Analyse unterwerfen können, wenn sie in ihrer ganzen Masse schnell erstarrt sind, wenn sie also nur von geringen Dimensionen sind.

Die
Probestangen.

§. 138. Da die Beschaffenheit des Geschützes hauptsächlich von der Anordnung der Legirungen abhängt und diese wiederum von der Zeit, welche ihnen zum Erstarren gegönnt ist, so ist es offenbar von grofser Wichtigkeit, die richtige Temperatur des aus dem Ofen abgestochenen Metalls und die richtige Wahl des Formmaterials zu treffen. In Bezug auf letzteres ist schon oben erwähnt, dafs das Vorurtheil für die alleinige Tauglichkeit der Lehmformen durch die Erfahrung widerlegt sei; eben so dafs durch ein sehr schnelles Erkalten erhebliche Nachtheile herbeigeführt werden (§. 121.), dafs also der sogenannte Schalengufs durchaus unanwendbar sei. Wenn aber auch eines der beiden tauglichen Formmateriale angewendet wird, so ist immer noch ein sehr grofser Spielraum für das Erkalten in der Temperatur des abgestochenen Geschützmetalls gelassen. Thermometrische Angaben über letztere lassen sich natürlich nicht machen. Es hängt

Der kalte
und
heifse Gufs.

also von dem Blick des Gießers auf die geschmolzene Masse ab, wann er letztere für geeignet zum Guss hält, und man sieht leicht ein, daß zur Beurtheilung der richtigen Zeit des Abstichs eine sehr lange Erfahrung und ein geübtes Auge gehört; denn es giebt sehr viele Abstufungen zwischen dem sogenannten kalten und heißen Guss. Auch hierüber herrschen getheilte Ansichten und es wird die Entscheidung erst nach rationelleren Versuchen zu erwarten sein. So viel scheint sich durch die Erfahrung herausgestellt zu haben, daß der kalte Guss, welcher mit der nur eben etwas über ihren Schmelzpunkt erhitzten Legirung geschieht, meist ein blasiges Gussstück giebt und also zu vermeiden ist. Ob es aber vortheilhaft ist, die geschmolzene Legirung bis zur Weißgluth zu erhitzen und dann erst abzusteichen, ist zweifelhaft. Viele Stimmen haben sich dagegen erhoben. In Preussen zieht man einen heißen Guss vor und nimmt als Maassstab der Beurtheilung das oben (§. 135.) angeführte Zeichen. Man pflegt als hauptsächlichsten Nachtheil des zu heißen Gusses das starke Auftreten der sogenannten Zinnflecken zu betrachten, und nicht mit Unrecht. Denn nach den frühern Erörterungen (§§. 117. 119.) sollte unter diesen Umständen ein langes Flüssigbleiben der weissen Legirung und ein starkes Anhäufen derselben in der Längsaxe des Geschützes eintreten. Wenn man aber die ungewöhnliche Anhäufung der Zinnflecken auf der Aussenwand des Geschützes als Folge des zu heißen Gusses ansieht, so stimmt dieses weniger mit dem Obigen überein.

§. 139. Die weitere Verarbeitung der aus den Formen genommenen Geschütze, das Ausbohren, Abdrehen u. s. w. bedarf weder einer nähern Erläuterung vom chemischen Standpunkte aus, noch ergeben sich aus den dabei anzuwendenden Operationen wichtige Folgerungen für die Beschaffenheit des Geschützes, vom chemischen Gesichtspunkte aus betrachtet, und es kann daher dieselbe hier füglich übergangen werden.

Chemische
Analyse

§. 140. Von der Unsicherheit, welche früher in Bezug auf eine gleichmässige Darstellung einer grossen Menge von

Geschützen herrschte und noch heutigen Tages aus den Gießereien nicht ganz verschwunden ist, hoffte man durch die Hülfe der analytischen Chemie mit einem Schlage befreit zu werden. Diese übertriebenen Erwartungen wurden enttäuscht, als man lernte, daß fremdartige Beimengungen der Geschützmetalle — denen früher einzig oder doch vorzugsweise die Unbrauchbarkeit eines Stücks zugeschrieben wurde — die wahre Schuld nicht immer, ja sogar nur selten trugen, als man erfuhr, daß die Metalle Kupfer und Zinn, in dem erfahrungsmäßig besten procentigen Verhältniß angewendet, beim Erstarren nicht eine, sondern mehrere Legirungen bilden, deren Ausscheidung und Eigenschaften von Temperatur und manchen andern theils noch nicht bekannten, theils nicht zu vermeidenden Umständen abhängen. Seit dieser Zeit ist aber natürlich die Anwendung der analytischen Chemie auf den Geschützguß nicht werthlos geworden, im Gegentheil sehen die meisten selbst bloß handwerksmäßigen Gießereien ihre Wichtigkeit immer mehr ein, wenigstens rücksichtlich der Kupfer-Zinn-Legirungen.

des
Geschütz-
metalls.

§. 141. Für den Guß eiserner Geschütze läßt sich, in der Absicht, Gefahren beim Guß vorbeugen zu wollen, von der Analyse des im Hohofen zu verschmelzenden Eisenerzes wenig mehr erwarten, als jeder kundige Hüttenmann durch die gewöhnlichen Proben ermittelt; die Hauptbedingung beim Guß aus dem Hohofen bleibt ja immer die Leitung des Schmelzprocesses. Aus demselben Grunde würde auch die Analyse eines im Flammenofen zu Geschütz umzugießenden Roheisens keine sehr nutzvolle Arbeit sein. Und eben so wenig wird aus der ermittelten procentigen Zusammensetzung eines Stücks fertigen eisernen Geschützes ein vollgültiger Schluß auf dessen Güte oder Unbrauchbarkeit zu machen sein; denn man kennt zur Zeit weder die Zusammensetzung und die Eigenschaften der verschiedenen Kohleneisen im Gemenge mit einander, noch den Einfluß sehr geringer Beimengungen fremder Metalle hinreichend genug, um aus einer quantitativen Untersuchung eines Guß-

Analyse
des eisernen
Geschützes.

Ermittlung
des Graphits.

stücks die Güte eines eisernen Geschützes besser beurtheilen zu können als es jetzt auf Grund der Farbe, des Bruchs u. dgl. geschieht. Hier bleibt also immer die wenn auch unvollkommene mechanische Prüfung der Probestange der beste Anhaltspunkt. Nur eines verlangt man jetzt von der Analyse, nämlich die Anwesenheit von einer nicht ungebührlich grossen Menge Graphit nachzuweisen, die nicht etwa schon mit dem blossen Auge erkennbar wäre. Dies geschieht leicht durch Behandlung des zu untersuchenden Stückes mit Chlorwasserstoffsäure, wobei der Graphit ungelöst bleibt. Indessen ist auch hiermit nicht viel gewonnen; denn die Frage, wie gross darf überhaupt die Quantität freien Kohlenstoffs sein, ohne Nachtheil für das Geschütz herbeizuführen, oder mit andern Worten, wie gross muß im halbirten die Quantität des grauen Roheisens sein und welchen Gehalt an ungebundenen Kohlenstoff darf dieses letztere haben, ist noch nicht erledigt. Ausserdem erwächst bei der Wahl des Stückes für die Analyse aus der jedenfalls nicht gleichmässigen Vertheilung der beiden Roheisenarten im halbirten eine nicht geringe Schwierigkeit.

Wenn durch eine lange Reihe von chemischen Untersuchungen schon die Principien für die richtige Beurtheilung der Güte des Eisens aus der chemischen Zusammensetzung gewonnen wären, so würden hier Vorschriften für eine genaue quantitative Ermittlung sämtlicher im Gusseisen enthaltenen Bestandtheile gegeben werden. Da dieses aber nicht der Fall ist, so sollen hier nur Methoden zur Ermittlung einiger Körper, deren Anwesenheit in grössern Quantitäten für die Beschaffenheit des Eisens von besonderem Nachtheil zu halten sind, ihren Platz finden. Die beste Methode zur Ermittlung des sämtlichen Kohlengehalts soll die Zersetzung des Eisens durch einen Strom trocknen Chlorgases sein, wie sie von Uchatius angewendet und von Schrötter (Lehrb. d. Chemie) beschrieben ist.

Bestimmung

§. 142. Auf die Abwesenheit auch der geringsten Menge des Schwefels aus dem Geschützeisen wurde früher ein grosses

Gewicht gelegt, indem man einen Rückschluss von der Schädlichkeit desselben im Stabeisen auf das Roheisen machte. So beträchtliche Beimengungen dieses Stoffs, dass daraus ein unbrauchbares Produkt entstehen könnte, finden sich bei den zum Geschützguß angewendeten Erzen überhaupt nicht, und eine wie große Quantität desselben im Geschützeisen geduldet werden könne, darüber steht eben so wenig etwas fest, als über den Gehalt an freien Kohlenstoff. Dass aber eine geringe Menge nicht nur nicht schädlich, sondern sogar vortheilhaft sei und dass diese Menge sogar sich so hoch belaufen könne, dass ein aus solchem Geschützeisen angefertigtes Stabeisen rothbrüchig werde, ist schon oben (§ 114.) erwähnt. Die quantitative Ermittlung des Schwefelgehalts im Gußeisen geschieht, so weit unsere Erfahrungen reichen, am sichersten durch die Oxydation des sehr fein gepulverten Eisens in einem schmelzenden Gemenge aus Kali und Salpeter, Auflösen der Masse in Wasser, Uebersättigen der Lösung mit Salzsäure und Abdampfen dieser Lösung zur Trockne, damit, wenn Kieselsäure vorhanden ist, letztere sich ausscheide und durch Filtration getrennt werde. Die von etwa anwesender Kieselsäure befreite Lösung wird alsdann durch ein Barytsalz gefällt und der Niederschlag mit den bekannten Vorsichtsmafsregeln auf die früher angegebene Weise (§. 83.) behandelt und aus dem schwefelsauren Baryt der Schwefel berechnet *). Ob sich gleichzeitig bei der Ermittlung des Kohlengehalts eines Eisens durch Chlor der

des
Schwefels.

*) Anmerk. Es möge hier noch nachträglich bemerkt werden, was bei der Analyse des Schiefspulvers (ob. §. 83.) unterblieben ist, dass, wenn die Schwefelsäure durch ein Barytsalz aus einer Salpetersäure enthaltende Flüssigkeit gefällt ist, der Niederschlag nach dem Glühen jederzeit mit Salzsäure behandelt und noch einmal bestimmt werden muss, weil oft salpetersaure Baryterde mit der schwefelsauren niederfällt und letzterer so hartnäckig anhaftet, dass sie durch lange fortgesetztes Waschen selbst mit heifsem Wasser nicht entfernt werden kann. Man erreicht dies erst durch Zersetzung des salpetersauren Salzes im Glühen und Behandlung mit Salzsäure.

Bestimmung
des
Phosphors.

Schwefelgehalt desselben auf eine einfache Weise aus dem Chlorschwefel bestimmen lasse, bleibt weiteren Untersuchungen vorbehalten.

§. 143. Soll das Eisen auf einen Gehalt an Phosphor untersucht werden, so verfährt man am zweckmässigsten auf folgende Weise: das zu untersuchende Stück wird in Salpeter- und Salzsäure aufgelöst, mit einer concentrirten wässrigen Auflösung von Weinsäure, hierauf mit einer hinlänglichen Menge schwefelsaurer Magnesia-Lösung versetzt und das Gemisch mit viel Ammoniak übersättigt. Dabei bleibt die Flüssigkeit klar und roth, weil das Doppelsalz von phosphorsaurer Ammoniak-Magnesia, wenn es nur in geringer Menge vorhanden ist, in ammoniakalischen Lösungen des weinsauren Eisenoxyds gelöst bleibt. Man fügt hierauf zu der rothen Flüssigkeit eine concentrirte Lösung von Cyankalium und zuletzt so lange Schwefelkaliumlösung, bis die beim ersten Zusatz des letztern hellgelb gewordene Flüssigkeit wieder dunkel geworden ist. Die hellgelbe Färbung entsteht durch die Bildung von Kaliumeisencyanür und die nachmalige dunkle durch die Bildung von Schwefelsalzen aus den in dem Eisen etwa vorhandenen elektronegativen Metallen und dem Schwefelkalium. Nach einigen Stunden scheidet sich ein hellgelblicher Niederschlag aus der Flüssigkeit aus, welcher aus der in der Kaliumeisencyanürlösung nicht löslichen phosphorsauren Ammoniak-Magnesia und etwas Schwefel besteht. Man bringt denselben auf's Filtrum, wäscht ihn mit Ammoniak aus, erhitzt ihn langsam bis der Schwefel verbrannt ist und ermittelt dann sein Gewicht, wenn er vollkommen weiß nach dem Glühen war. Ist letzteres nicht der Fall, so schmilzt man ihn zuvor mit kohlensaurem Natron im Platintiegel, kocht die geschmolzene Masse mit Wasser aus, säuert die Lösung mit Salzsäure stark an und fällt auf die gewöhnliche Weise wieder die eingedampfte Lösung mit Ammoniak und Talkerdesalz. Aus dem geglühten Niederschlag Mg^2P wird dann der Phosphor berechnet. Die Gewichts-Verhältnisse, in welchen die Weinsäure und

das Cyankalium zu nehmen sind, betragen auf 1 Th. Eisen 8 Th. Weinsäure und 14 Th. Cyankalium.

§. 144. Bei der Untersuchung des Geschützes aus reiner Bronze im engern Sinne handelt es sich natürlich bloß um die quantitativen Verhältnisse zwischen Zinn und Kupfer, deren Trennung nachher genauer beschrieben werden soll. Von großer Wichtigkeit ist aber die Wahl des Ortes am Geschütz, von welchem das zur Untersuchung dienende Stück entnommen werden soll. Bei der ungleichmäßigen Vertheilung der Legirungen in dem Gussstück (s. ob. §. 119.) kann man die wahre mittlere Zusammensetzung aus der Analyse eines kleinen Stücks von irgend einer Stelle nicht erfahren wollen. Aber auch aus einer Reihe von Proben, die aus verschiedenen Höhen des Geschützes entnommen sind, ergiebt sich nicht die wahre Zusammensetzung, weil die Zunahme des Zinngehalts von der Mündung bis zum Bodenstück und von der äussern Wand quer durch nach der Seelenwand nicht gewissen mathematischen Progressionen folgt. Ausserdem findet an manchen Stellen, wie schon das unbewaffnete Auge oft beobachten kann, eine Ausscheidung der weissen Legirung in grösseren Parthien statt und eine kleine Probe, von einer solchen Stelle untersucht, würde sich in der Zusammensetzung von einer ihr benachbarten nicht selten um mehr als 8—9 p. C. im Zinngehalt unterscheiden können. Um daher nur einigermaassen sichere Schlüsse aus der Analyse ziehen zu können, müßte aus sehr vielen Theilen des Rohrs Material gesammelt und dieses aus jedem Theil für sich, oder bequemer aus allen Theilen zusammengeschmolzen, untersucht werden. Hierbei stellen sich jedoch grosse Schwierigkeiten bei einem neuen fertig gebohrten und abgedrehten Geschütz entgegen. Von diesem darf natürlich aus der Seelenwand nichts entlehnt werden, man könnte also höchstens von den verschiedenen Friesen am Kopf-, Zapfen- und Bodenstück und von der Traube etwas abdrehen, kaum würde man sich allenfalls zur weitem Ausbohrung des Zündlochs verstehen. Man bekommt

Analyse
des Bronze-
Geschütz-
metalls.

Untersuchung
eines fertigen
Geschützes.

also, wenn letzteres nicht gestattet wird, nur Material von solchen Theilen des Rohrs, welche nach der Voraussetzung und nach der Erfahrung einen geringern Zinngehalt haben, als andere, z. B. die in der Seelenwand in der Höhe des Zapfenstücks. Das gewonnene Material kann dann auf zweierlei Weise verwendet werden, entweder macht man von jeder Probe einzeln eine Analyse oder man schmilzt von jeder Probe eine gleiche Gewichtsmenge unter einer Schlacken-decke im Tiegel zusammen und stellt von dieser zusammengesmolzenen Masse ein oder mehrere Untersuchungen an. Das Resultat davon wird aber nur eine annähernde Vorstellung von der wahren Zusammensetzung des Rohrs geben.

Untersuchung
unbrauch-
barer
Geschütze.

Bei Untersuchung alter Geschütze, die zum Umguss bereit sind, also zerstört werden, kann man, um sicher zu gehen, viele Querdurchschnitte durch die Seelenwand von oben nach unten entnehmen und mit diesen, wie vorher erwähnt, einzeln oder im zusammengeschmolzenen Zustande die Untersuchung anstellen. Mindestens aber muß man Durchschnitte aus der Nähe der Mündung, aus dem langen Felde, aus dem Zapfenstück und aus dem untern Theile des Bodenstücks analysiren. Der Hals der Traube hat vielleicht unter allen Theilen des Geschützes allein die ungefähre mittlere chemische Zusammensetzung. Wenn diese Muthmaßung durch eine große Anzahl von Analysen, verglichen mit den Analysen der eben erwähnten Durchschnitte, sich als wahr herausstellen sollte, so würde man dann später nur einen Durchschnitt des Traubenhalses zu untersuchen brauchen.

Untersuchung
frisch
gegossener
Geschütze.

Am besten ist die Zusammensetzung eines gegossenen Rohres zu ermitteln, welches eben im Begriff ist ausgebohrt und abgedreht zu werden. Man kann dann von allen gewünschten Stellen Bohr- und Drehspäne entnehmen und diese für sich und zusammengeschmolzen analysiren. Und wenn endlich ein wahrhaft wissenschaftlicher Standpunkt für den Bronze-Geschützguß gewonnen werden soll, so müssen bei jedem Guß, namentlich einer großen Anzahl von Geschützen auf einmal, Probestangen in gewissen Zwischenräumen (viel-

leicht während jede einzelne Form halb gefüllt ist) gegossen werden, damit die Zusammensetzung dieser mit der der Bohr- und Drehspäne des analogen Geschützes verglichen werden könne. Denn nur so würden wir Aufschluss über die Richtigkeit oder Unrichtigkeit der Annahme erhalten, dass die quantitativen Verhältnisse der geschmolzenen Metalle im Ofen sich zwischen dem Guss des ersten und letzten Stücks ändern, ob also wirklich die specifisch schwerere und zinnreichere Legirung, schon im Ofen gebildet, auf dem Boden desselben sich ausscheidet und dann je nach der Höhe des Abstichlochs vorzugsweise in eines der zu gießenden Stücke geräth.

Wenn indessen aus den Ergebnissen genauer chemischer Analysen gültige Schlüsse gezogen werden sollen, so steht erst noch eine andere Reihe von Untersuchungen bevor, welche den Zusammenhang der procentigen Zusammensetzung des Geschützes mit seiner Güte bei verschiedenen Gussmethoden nachweisen, vor allen Dingen aber die Grenzen einer gewissen normalen Zusammensetzung feststellen müssen. Denn wenn auch im Allgemeinen 10—11 Th. Zinn auf 100 Th. Kupfer als bestes Mischungsverhältniß betrachtet wird, so ist es doch bekannt, dass Schwankungen im gegossenen Stück zwischen 7,5 und 11 p. C. Zinn vorkommen und dass Geschütze mit diesen beiden Extremen gleich gut in der Probe bestanden, während andere von mittlerem Zinngehalt sich nicht bewährten. Die normale Zusammensetzung wird also innerhalb gewisser kleiner Grenzen schwanken können ohne Nachtheil für das Geschütz, und die Güte des letztern wird wohl hauptsächlich, wie dies schon früher erwähnt ist, durch die Methode des Gießens bedingt werden. Mag dies aber auch der Fall sein, immerhin wird die chemische Analyse von großer Wichtigkeit beim Geschützguß bleiben, einmal für die Gewinnung eines wissenschaftlichen Standpunktes für letztern im Allgemeinen, sodann zur Ermittlung der Zusammensetzung alter Geschütze, die zum Umschmelzen bestimmt sind, und endlich zur genauen Untersuchung des

Kupfers und Zinns, welche zum Geschützguß dienen sollen, auf etwaige schädliche fremde metallische Beimengungen.

Methode der
Analyse.

§. 145. Der einfachste und hinreichend zuverlässige Weg zur chemischen Untersuchung der Geschützbronze ist die Auflösung in Salpetersäure. Hierbei bleibt fast alles sich bildende Zinnoxid unlöslich zurück, während sich Kupferoxyd und alle diejenigen Oxyde, deren Metalle für gewöhnlich eine Beimengung des Kupfers oder Zinns zu sein pflegen, in der Salpetersäure sich auflösen, mit Ausnahme von Arseniksäure und Antimonoxyd.

Die
qualitative
Untersuchung.

§. 146. Die qualitative Untersuchung wird in der Regel sich damit begnügen können, unter den möglichen fremden Beimengungen nur auf Blei, Arsenik und Antimon zu prüfen, denn diese sind die für Kupfer-Zinnlegierungen gefährlichsten Feinde. Außer diesen Metallen pflegen nur noch Eisen und Zink, auch wohl eine Spur Silber vorhanden zu sein. Keines von diesen dreien hat man in der Bronze zu scheuen, ja man hat sogar oft beide erstere in größeren Mengen als vortheilhaften Beisatz versucht. Um die Anwesenheit der genannten Metalle zu finden, verfährt man auf folgende Weise: die Probe des fein geraspelten Geschützmetalls wird in reiner Salpetersäure von 1,42 spec. Gew. in einem ähnlichen Apparat, wie der Fig. 32. abgebildete ist, so lange erhitzt, bis unter dem sich abscheidenden Zinnoxid keine unzersetzten Theile der Legirung mehr sich befinden. Die blaue Lösung wird abfiltrirt und in drei Theile getheilt, von denen der eine mit verdünnter chemisch reiner Schwefelsäure, der andere mit Chlorwasserstoffsäure und der dritte mit einem Ueberschuß von Ammoniakflüssigkeit versetzt wird. Entsteht in dem ersten, wenn er einige Stunden gestanden hat, ein weißer Niederschlag (Pb S), so ist Blei vorhanden, geschieht dasselbe im zweiten, so ist Silber anwesend, und schwimmen im dritten nach einiger Zeit auf der dunkelblau gefärbten Lösung rothbraune Flocken, so ist Eisen vorhanden. Das auf dem Filter zurückgebliebene und daselbst ausgewaschene Zinnoxid wird, nachdem es getrocknet ist, mit etwas Soda

gemengt und auf Kohle vor dem Löthrohr in der reduci-
renden Flamme erhitzt. Zeigt sich dabei hinter der Probe
ein weißer krystallinischer Beschlag, so verräth dieser die
Anwesenheit des Antimon und verbreitet sich dabei zugleich
ein deutlicher Geruch nach Knoblauch, so ist auch Arsenik
vorhanden. Zu größerer Sicherheit kann man auch noch die
Prüfung im Marsh'schen Apparat (s. Abth. I., §. 799.) vor-
nehmen, wenn man das zu untersuchende Zinnoxid zuvor
in Königswasser aufgelöst und bis zur Entfernung aller
Salpetersäure erhitzt hat, was am besten gelingt, wenn die
Lösung zur Trockne verdampft und der Rückstand dann in
Schwefelsäure wieder gelöst wird.

§. 147. Wenn die qualitative Untersuchung von den
fremden Beimengungen kaum wägbare Spuren nachweist —
und das wird meistens für Eisen, Arsenik und Blei, fast
immer für Antimon der Fall sein — so sind diese Metalle
in der quantitativen Untersuchung außer Acht zu lassen und
man hat es hier nur mit der Bestimmung von Kupfer und
Zinn, oder Kupfer, Zinn und Zink zu thun. Im erstern Fall
löst man eine gewogene Menge (1—2, höchstens 3 Grmm.)
der fein geraspelten Bronze in einem Kolben, wie bei der
qualitativen Analyse, in Salpetersäure auf, gießt die Lösung
samt dem ungelösten Zinnoxid in eine Schale, dampft
darin die Masse zur Trockne und erhitzt vorsichtig über
freiem Feuer oder im Sandbade die trockne Substanz so
lange, bis rothe Dämpfe anfangen zu entweichen und ein
Theil derselben sich zu schwärzen beginnt. Dann übergießt
man sie mit etwas Salpetersäure, erwärmt gelinde und ver-
dünnt, nachdem jede Spur eines schwarzen Pulvers ver-
schwunden ist, die Salpetersäure mit einer hinreichenden
Menge Wassers. Es bleibt hierbei alles Zinnoxid als weißes
Pulver ungelöst und die blaue Lösung des salpetersauren
Kupferoxyds läßt sich leicht durch Filtration trennen. Wenn
das auf dem Filter befindliche Zinnoxid vollkommen ausge-
waschen und getrocknet ist, wird es vom Filter, so gut es
geht, in einen gewogenen Porzellantiegel geschüttet, das

Die
quantitative
Untersuchung.

Bestimmung
des Zinns.

Bestimmung
des Kupfers.

Filtrum mit dem geringen Rest des anhaftenden Zinnoxys auf dem Deckel des Tiegels verbrannt und nachdem Tiegel und Deckel eine Zeitlang geglüht sind, das Gewicht des Oxyds ermittelt. Für je 1 Th. desselben sind 0,786 Th. Zinn zu berechnen. Da diese Methode ein genaues Resultat liefert, so kann man sich der quantitativen Bestimmung des Kupfers überheben. Will man es aber dennoch zur Controle thun, so concentrirt man die Lösung des salpetersauren Kupferoxyds etwas, fällt sie heiß durch Kali- oder Natronlösung, glüht das ausgeschiedene Kupferoxyd, nachdem es vollkommen ausgewaschen und getrocknet ist, und berechnet für je 1 Th. desselben 0,798 Th. Kupfer.

Bestimmung
des Zinks.

§. 148. Enthält eine Bronze außer Kupfer und Zinn auch Zink, so verfährt man mit der Ermittlung des Zinns wie vorher. Die Lösung aber, welche Kupferoxyd und Zinkoxyd enthält, wird zuerst durch Schwefelwasserstoffgas von ihrem Kupfergehalt befreit. Nach Abscheidung des Schwefelkupfers, welches mit Schwefelwasserstoffwasser auszuwaschen ist, treibt man durch Kochen das überschüssige Schwefelwasserstoff aus dem Filtrat, fällt das Zinkoxyd durch eine Lösung von kohlensaurem Natron und berechnet aus dem geglühten kohlensauren Salze, welches dadurch in Zinkoxyd übergeführt ist, für je 1 Th. 0,803 Th. Metall. Beim Glühen des kohlensauren Salzes ist die Vorsicht besonders zu beobachten, daß so wenig als möglich mit den reduzierenden Theilen des verbrennenden Filtrums in Berührung kommt, wie es auch bei der Bestimmung der vorher genannten Oxyde angegeben ist. Auch bei dieser Analyse kann die Ermittlung des Kupfers unterbleiben, wenn die gehörige Sorgfalt bei Bestimmung des Zinns und Zinks angewendet sind. Will man sie aber dennoch ausführen, so behandelt man das ausgewaschene Schwefelkupfer sammt Filtrum mit verdünnter Salpetersäure und bestimmt aus dieser Lösung das Kupferoxyd auf die oben angegebene Weise.

Bestimmung
des Blei's.

§. 149. Da, wie schon oben erwähnt ist, in einer Bronzelegirung Arsenik und Antimon fast nie in wägbaren

Mengen vorkommen, so soll hier nur noch die Bestimmung des Blei's und Eisens angedeutet werden. Zu diesem Behuf wird die vom Zinnoxid abfiltrirte salpetersaure Lösung mit Schwefelsäure versetzt und wenigstens 8—12 Stunden in Ruhe gelassen. Das ausgeschiedene schwefelsaure Bleioxyd wird entweder auf einem bei 110° getrockneten und gewogenen Filtro gesammelt und nach dem Auswaschen mit dem Filtro bei derselben Temperatur wieder getrocknet und gewogen, oder man entleert den Inhalt des getrockneten Filtrums so vollständig als möglich in einen Porzellantiegel, feuchtet das auf dem Deckel des Tiegels verbrannte Filtrum mit einem Tropfen starker Salpetersäure und dann mit einem Tropfen Schwefelsäure an, glüht wieder den Deckel und nochmals auch den Tiegel. Für je 1 Th. PbS wird 0,683 Blei berechnet.

Das Eisenoxyd scheidet man aus der vom Schwefelkupfer getrennten und ihres überschüssigen Schwefelwasserstoffs entledigten Flüssigkeit (s. oben §. 148.) durch Ammoniak aus, glüht das ausgewaschene Oxyd und berechnet für je 1 Th. desselben 0,7 Th. Eisen. Diese Methode ist jedoch nur anwendbar, wenn kein oder nur wenig Zinkoxyd neben dem Eisenoxyd vorhanden ist. Sonst fällt man aus der mit Ammoniak neutralisirten Flüssigkeit das Eisenoxyd durch Bernsteinsäure, übergießt das bernsteinsaure Eisenoxyd auf dem Filtro mit Ammoniak und glüht dann das ausgewaschene und getrocknete Salz so lange, bis keine Kohle von der Bernsteinsäure mehr vorhanden ist. Die Auflösung, welche nach dieser Operation noch das Zinkoxyd gelöst enthält, muß nach dem Zusatz von kohlensaurem Natron zur Trockne abgedampft werden, damit das kohlensaure Zinkoxyd sich vollständig abscheide.

§. 150. Bei dem Bronzeguss aus neuen Metallen ist es von großer Wichtigkeit, sich zuvörderst von der möglichsten Reinheit der anzuwendenden Metalle zu überzeugen. Ein absolutes Freisein von fremden metallischen Beimischungen wird Niemand, der das Vorkommen der Erze

Bestimmung
des Eisens.

Untersuchung
der Metalle,
die
zum Bronze-
Geschüttguss
bestimmt
sind.

Analyse
des Kupfers.

und die metallurgischen Prozesse für die Darstellung des Kupfers und Zinns kennt, verlangen. Und unter den möglichen ist es immer eine sehr geringe Zahl von fremden Beimengungen, welche sowohl im Kupfer, als im Zinn vorhanden zu sein pflegen. Man wird natürlich von den im Handel vorkommenden Sorten jener Metalle die durch lange Erfahrung als beste bekannten auswählen (s. Abth. I., §§. 591. 609.). Das hammergaare Kupfer pflegt selten über 0,5 bis 0,7 p. C. und das Gaarkupfer selten über 1,2—1,7 p. C. metallischer Verunreinigungen von Silber, Blei, Eisen, Nickel, Calcium, Magnesium und Kalium zu enthalten, deren Mengen unter der Grenze der Schädlichkeit liegen; beachtenswerther würden selbst kleine Mengen von Kupferoxydul oder Kohle sein. Da diese beiden Verbindungen, selbst in unbedeutender Menge dem Kupfer beigemischt, die Dehnbarkeit des letztern bedeutend vermindern, so hat man in einer Probe auf Ductilität schon ein ausreichendes Mittel zur Prüfung der Reinheit eines Kupfers, und man kann sich mit dieser Probe um so mehr genügen lassen, als zur genauen quantitativen Ermittlung jener beiden Körper die bis jetzt vorhandenen Methoden noch etwas unzuverlässig und schwer auszuführen sind. Oft mag es vorkommen, daß ein gewöhnliches Gaarkupfer zum Geschützguß gut anwendbar ist, von welchem man eine solche Dehnbarkeit wie vom Hammergaarkupfer nicht verlangen kann. Eine Prüfung desselben auf fremde Verunreinigungen ist aber dann um so nothwendiger und man kann eine solche nur mit Hülfe einer genauern chemischen Analyse bewerkstelligen, in welcher alle Bestandtheile, die überhaupt zufolge der Zusammensetzung der Erze und des Hüttenprocesses im Kupfer vorkommen können, aufgesucht und bestimmt werden müssen, so daß man höchstens das Kupfer aus dem Verlust der Analyse berechnet. Zu einer solchen Art von Untersuchung die genauen Vorschriften anzugeben, würde die Grenzen dieses Werks überschreiten, und es muß daher in dieser Beziehung auf die Lehrbücher der analytischen Chemie verwiesen werden.

Nur die Untersuchung auf Blei, den gefährlichsten Feind des Kupfers, läßt sich leicht und sicher ausführen, indem man die Lösung des Kupfers in Salpetersäure, mit Schwefelsäure (chemisch reine) versetzt, (im Wasserbade) zur Trockne abdampft, die trockne Masse in Wasser wieder auflöst und das hierbei etwa ungelöst gebliebene weiße Pulver (schwefelsaures Bleioxyd), nachdem es auf ein Filtrum gebracht und ausgewaschen ist, auf die schon oben angegebene Weise quantitativ ermittelt.

§. 151. Wie bei dem Kupfer pflegt man auch bei dem Zinn durch eine mechanische Probe sich Aufschluß über die Reinheit dieses Metalls zu verschaffen: man untersucht es nämlich auf seinen Schrei (s. Abth. I. §. 591.). Im Allgemeinen mag diese Methode einige Andeutung über die Reinheit geben, sie ist aber jedenfalls unzuverlässiger als die Probe der Dehnbarkeit beim Kupfer, und man muß, wenn man sich nicht geradezu auf den Lieferanten verlassen will, eine Analyse des Zinns vornehmen. Es versteht sich von selbst, daß man nur unter den Handelssorten des Metalls, die sich des besten Rufs erfreuen, auswählt. Diese Handelssorten sind nun sehr rein: das beste englische Blockzinn und Kornzinn enthalten nur Spuren von Kupfer und Eisen (s. Abth. I. §. 590.), im Banka-Zinn finden sich durchschnittlich nur 0,04 p. C. fremde Bestandtheile, die ungefähr zur Hälfte aus Eisen, zum Drittel aus Blei, zum Sechstel aus Kupfer bestehen. Wenn man also von diesen Sorten wählt, wird man in den meisten Fällen der genauen Analyse überhoben sein. Immerhin ist aber doch durch eine vorläufige Probe der Gehalt an fremden Beimengungen im Zinn zu untersuchen und zu diesem Zweck verfährt man folgendermaßen:

Analyse
des Zinns.

Ungefähr 3—4 Grmm. des zerkleinerten Zinns (am besten ausgeplättet und in ganz kleine Stücken zerschnitten) werden, wie oben (§. 146.) angegeben ist, in Salpetersäure oxydirt; das dabei entstandene Zinnoxid ermittelt man seiner Menge nach und untersucht es dann auf etwaigen Gehalt

Bestimmung
des Arseniks.

an Arsenik und Antimon. Die salpetersaure Lösung aber wird mit Schwefelsäure auf die Anwesenheit von Blei geprüft. Beträgt die aus dem Zinnoxid berechnete Menge Zinn über 99,8 p. C., so ist, wenn man sich durch die angegebenen Mittel (§. 146.) von der Abwesenheit des Arseniks und Antimons überzeugt hat, und die Schwefelsäure keinen bemerkenswerthen Niederschlag gab, die Untersuchung als beendet anzusehen. Scheint die Menge des ausgeschiedenen schwefelsauren Bleioxids der quantitativen Ermittlung werth, so führt man letztere nach den oben (§. 149.) angegebenen Regeln aus. Ist Arsenik bei der qualitativen Analyse in nicht unbedeutenden Spuren entdeckt, so ermittelt man dessen Quantität wie folgt: der Rest des oxydirten Zinns, von dem eine kleine Menge zur qualitativen Untersuchung auf Arsenik gedient hat, wird gewogen und dann in Königswasser gelöst; aus der Lösung fällt man die Metalle durch Schwefelwasserstoffgas und die ausgeschiedenen und getrockneten Schwefelmetalle werden in einem bedeckten Porzellantiegel erst langsam und schwach, dann bis zur Rothgluth erhitzt, wobei sich das Schwefelarsenik verflüchtigt. Das zurückbleibende Schwefelzinn wird beim Zutritt der Luft geglüht und vollkommen in Zinnoxid umgewandelt, aus welchem man den Zinngehalt berechnet und dann aus dem Verlust das Arsenik erfährt. Die Bestimmung des Zinnoxids ist sicherer, wenn man auf dasselbe nach dem ersten Glühen etwas gepulvertes kohlen-saures Ammoniak streut und dann nach und nach wieder bis zur Rothgluth erhitzt, damit ein etwaiger Rückhalt von Schwefelsäure entfernt werde. Nachdem die Trennung des Zinns vom Arsenik bewerkstelligt ist, überzeugt man sich von der Genauigkeit des Resultats auf folgende Weise: man nimmt eine Portion des erhaltenen Zinnoxids, reibt sie mit trockenem kohlen-saurem Natron und Cyankalium zusammen und glüht dieses Gemenge in einem unten zugeschmolzenen Glasrohre über einer Lampe mit doppeltem Luftzuge. Es darf alsdann in der Röhre kein metallisch glänzender Anflug von Arsenik sich bilden.

Bei gleichzeitiger Anwesenheit von Antimon neben Arsenik schlägt man zur Ermittlung der beiden Metalle folgenden Weg ein: die durch Salpetersäure dargestellten Oxyde des Zinns, Antimons und Arseniks werden in einem Silber- tiegel ungefähr mit ihrer 8fachen Gewichtsmenge Natron- hydrat geschmolzen; die erkaltete Masse weicht man mit heissem Wasser auf, verdünnt sie hierauf mit mehr Wasser und gießt zu dieser Flüssigkeit drei Theile ihres Volumens an Alkohol von 0,83. Man rührt oft um, läßt 24 Stunden stehen, und filtrirt dann die alkoholischen Lösungen des zinn- und arseniksauren Natrons von dem unlöslichen antimon- sauren Natron ab, in welchem dann das Antimon durch Zersetzung mit Schwefelwasserstoff und Bestimmung des Schwefelgehalts zu ermitteln ist. Aus dem zinn- und arseniksauren Natron scheidet man die Metalle als Schwefel- metalle aus und verfährt zu ihrer Trennung wie kurz vor- her angegeben ist. Da aber die genaue Bestimmung des Antimonoxyds sowohl, als auch die Trennung des antimon- sauren Natrons von den zinn- und arseniksauren Salzen dieser Basis eine große Menge von Vorsichtsmafsregeln er- fordert, so muß hier in Bezug darauf auf die betreffenden Stellen in H. Rose, ausführl. Handb. d. analyt. Chem. II, p. 293. und p. 429. verwiesen werden.

Bestimmung
des
Antimons.

Einiges über Feuerwerkerei.

Die
Feuerwerks-
sätze.

§. 152. In der Artillerie-Technik versteht man bekanntlich unter dem Namen Feuerwerkssätze verschiedene Mischungen von brennbaren und die Verbrennung unterhaltenden (Sauerstoff liefernden) Körpern, welche, auf irgend eine Art der Zersetzung unterworfen, unter größerer oder geringerer Gas-, Wärme- und Lichtentwicklung bald schneller, bald langsamer verbrennen, je nach dem Zweck, den sie erfüllen sollen. Nach letzterem bezeichnet man auch die Sätze mit verschiedenen Namen, z. B. Leuchsätze, Brandsätze, Zündsätze u. s. w. Als Sauerstofflieferer gebraucht man vorzugsweise die Kalisalze der Salpetersäure und Chlorsäure, selten andere Salze dieser Säuren; als brennbare Stoffe dienen hauptsächlich Schwefel und Kohle, für einige Sätze, z. B. Brand- und Signalsätze, auch noch andere organische brennbare Körper, wie Theer, Pech, Werg u. dergl.

Es ist hier nicht der Ort, die verschiedenen Feuerwerksätze der Reihe nach aufzuzählen und vom chemischen Standpunkte aus eine Kritik derselben zu liefern. Vielmehr sollen hier nur die nothwendigen Erörterungen über allgemeine chemische Grundsätze rücksichtlich der Zusammensetzung und Zersetzung schnell verbrennlicher Gemische, und eine Anweisung zur chemischen Untersuchung der in der preussischen Kriegsfeuerwerkerei dienenden unorganischen Salze und der üblichsten Feuerwerkssätze gegeben werden.

§. 153. Die chemischen Grundsätze für die Anfertigung der Feuerwerkssätze im Allgemeinen sind einfach dahin ausgesprochen: daß man von den Feuerwerkskörpern selbst keinen Ueberschuß des einen oder andern Stoffs, weder des Sauerstofflieferers noch des brennbaren Körpers, und von fremdartigen unvermeidlichen Stoffen, z. B. von den Bindemitteln, welche die pulverförmigen Sätze zusammenhalten sollen und selbst zur Verbrennung nichts beitragen, nur die dringend nothwendige Menge anwende. Die Frage, in welchem Gewichtsverhältniß die Feuerwerkskörper unter einander zu mischen seien, läßt sich nicht immer bloß auf eine Weise beantworten. Denn obwohl von Seiten der Theorie für die Sauerstofflieferer, wie für die brennbaren Stoffe, bei deren bekannter Zusammensetzung leicht eine engste und weiteste Grenze gezogen werden kann, so wird es innerhalb dieser doch immer noch Mischungsverhältnisse geben, die theoretisch nicht verwerflich sind, deren praktischer Werth aber durch Versuche theils ausgemittelt, theils noch festzustellen ist. So würde es z. B. bei der Mischung von Schwefel und Salpeter eben so unzweckmäßig sein, auf 1 Atomgewicht Salpeter 1 Atomgew. Schwefel zu nehmen, als wenn man auf 1 Atomgew. Salpeter 4 Atomgew. Schwefel anwendete. Im ersteren Fall würde ein Ueberschuß des Sauerstofflieferers, im zweiten Fall ein Ueberschuß des brennbaren Körpers vorhanden sein. Denn aus 1 $\text{K}\ddot{\text{N}}$ kann 1 S höchstens 3 At. O aufnehmen, es bleiben also 3 At. O ungenutzt, und 4 At. S mit 1 $\text{K}\ddot{\text{N}}$ geben entweder KS und 2 $\ddot{\text{S}}$, oder ein Gemenge von KS, $\text{K}\ddot{\text{S}}$ und $\ddot{\text{S}}$, und dann bliebe Schwefel unbenutzt. In vielen Fällen läßt sich die Art und Weise, auf welche sich Feuerwerkssätze, die innerhalb der oben angegebenen Grenzen unter einander gemischt sind, zerlegen, nicht von Seiten der Theorie mit Bestimmtheit angeben, weil die Verwandtschaftskraft der in jenen Mischungen in Wechselwirkung tretenden Körper mannigfachen Abweichungen von den sonst bekannten Gesetzen unterworfen ist, je nachdem mancherlei noch nicht erforschte Nebenumstände

Chemische
Grundsätze
für
Anfertigung
der
Feuerwerks-
sätze.

Chemische
Grundriss
der
Anleitung
des
Feuerwerks-
sätze.

auf den Zersetzungsproceß ihren Einfluß äußern. Es hat daher bis jetzt den Versuchen der Feuerwerker überlassen bleiben müssen, die zweckmäßigsten Mischungsverhältnisse zu erforschen und wird es auch noch so lange überlassen bleiben müssen, bis die constant auftretenden Zersetzungsprodukte verschiedener Feuerwerkssätze erkannt und genau studirt und gewisse Fragen in Bezug auf spec. Wärme und Wärmeentwicklung bei Verbrennung verschiedener (in den Feuerwerkssätzen enthaltenen) Körper zu verschiedenen Oxydationsstufen gelöst sind. Ist dieses geschehen, dann wird man zur Beurtheilung der Wirksamkeit und des Werthes eines Feuerwerksatzes dieselben Grundsätze anwenden können, welche oben (§. 7 Anm.) auseinandergesetzt sind. Bis dahin aber kann die wissenschaftliche Chemie nur die weitesten Grenzen angeben, innerhalb welcher die verbrennlichen Mischungen anzufertigen sind.

Es hat sich bei Beurtheilung der Mischungsverhältnisse der aus alter Zeit traditionell überlieferten Feuerwerkssätze vom wissenschaftlichen Standpunkte aus gezeigt, daß die der Theorie am besten entsprechende Zusammensetzung mancher Sätze schon ehemals durch Versuche richtig ermittelt war. Die meisten haben die durch die wissenschaftlichen Principien erforderlichen Aenderungen erfahren. Man hat aber neuerlich hie und da neben solchen auch noch manche alte Sätze beibehalten, die vom wissenschaftlichen Standpunkt aus nicht wohl zu rechtfertigen sind, sich aber in der Anwendung gut bewährten.

Die
üblichsten
Feuerwerks-
sätze.

§. 154. Die in der Kriegsfeuerwerkerei am meisten angewandten Sätze bestehen aus Salpeter, Schwefel und Kohle und zwar entweder in dem Verhältniß wie diese Substanzen im Schießpulver enthalten sind, oder mit Ueberschuß von Kohle oder Schwefel vermischt. Einige Sätze enthalten statt des Salpeters oder gleichzeitig mit demselben chloresaures Kali und gewisse andere Salze, die selbst nicht zum Verbrennungsproceß beitragen, sondern während des Brennens der Mischung, in welcher sie sich befinden, zum starken

Glühen erhitzt werden und dann ein lebhaftes Licht, oft auch eine bestimmte Farbe mittheilen. Dahin gehören Signal- und Leuchtsätze.

§. 155. Alle Sätze, welche bei schneller Verbrennung große Mengen Gas und eine stark treibende Kraft entwickeln sollen, enthalten vorzugsweise Schießpulver und dieses zwar in verschiedenen Aggregatzuständen, je nach der Wirkung die man erreichen will. Wenn nämlich eine im Vergleich mit der sonstigen Zersetzungsweise des Schießpulvers langsamere Verbrennung desselben erzielt werden soll, wendet man dasselbe in fein geriebenem Zustande — als Mehlpulver — und zugleich mehr oder weniger stark zusammengepresst an, z. B. in den Raketen. Soll dagegen eine Wirkung durch eine plötzliche Gasentwicklung des Schießpulvers erreicht werden, wie z. B. in den Kanonenschlägen, so nimmt man dasselbe in der gewöhnlichen Körnerform.

Schießpulver.

§. 156. Für diejenigen Sätze, welche langsamer verbrennen und dabei zugleich starkes Licht entwickeln sollen, wird als Hauptbestandtheil ein Gemisch von Salpeter und Schwefel in dem Verhältniß von 75 : 25, d. h. 1 Atom Salpeter und 2 Atome Schwefel angewendet — Salpeterschwefel genannt. Dieses Gemenge kann indessen für sich allein keine Anwendung finden, weil es ohne Mithülfe einer äußern Wärmequelle die zu seinem Fortbrennen erforderliche Wärme nicht entwickelt, und zur Lieferung einer treibenden Kraft kann es auch nicht wohl gebraucht werden, weil es im glücklichsten Fall als Gas nur 1 Atom schweflige Säure abgibt ($\text{K}\ddot{\text{N}} + 2\text{S} = \text{K}\ddot{\text{S}} + \ddot{\text{S}}$) d. h. auf 1 Volum der Mischung nur ungefähr 7 Vol. Gas *). Es wird daher der Salpeterschwefel stets entweder mit etwas Kohle oder mit größern oder geringeren Mengen Mehlpulver vermischt. Eines dieser Ge-

Salpeterschwefel.

*) genauer 7,28 Vol., wenn nämlich die Temperatur bei der Verbrennung = 1000°, das spec. Gew. der Mischung = 2, das spec. Gew. der $\ddot{\text{S}}$ = 2,247 und der Ausdehnungscoefficient = 0,00385 gesetzt wird (s. oben §. 8.).

Grauer Satz. mische, welches durch die Erfahrung als vorzüglich brauchbar bewährt gefunden, besteht aus 93,46 p. C. Salpeterschwefel und 6,54 p. C. Mehlpulver; es wird grauer Satz genannt und dient wiederum als Grundmischung für andere Sätze, denen man vorherrschend die Eigenschaften einer langsameren Verbrennung und hinreichenden Lichtentwicklung zutheilen will. In Bezug auf letztere liefert der graue Satz eine so gute Wirkung, weil sich bei der Zersetzung desselben ein feuerbeständiges und unschmelzbares (K₂S) Salz bildet, welches in der Flamme der verbrennenden Stoffe zum Glühen gebracht wird. Es müssen alle Leuchtsätze, von denen man sich eine vortheilhafte Wirkung versprechen soll, nach jenem Princip angefertigt sein und wenn man daher Leuchtsätze mit farbigem Licht darstellen will, so werden unter den verschiedenen Salzen, welche zu jenem Zweck einem Satz beigemischt werden können, vorzugsweise diejenigen zu wählen sein, welche bei der Temperatur der Verbrennung des Satzes noch feuerbeständig und wo möglich nicht schmelzbar sind, welche aber auch durch die beim Verbrennen etwa mögliche chemische Zersetzung sämtlicher Bestandtheile nicht eine flüchtige Verbindung liefern können.

Chlorsaures
Kali.

§. 157. Feuerwerkssätze, welche schnell entzündlich sein und äußerst rasch verbrennen sollen, erhalten als Gemengtheil chlorsaures Kali. Es übertrifft dieses Salz an Schnelligkeit der Zersetzbarkeit im Gemisch mit brennbaren Stoffen noch den Salpeter bei weitem und giebt dabei leicht seinen sämtlichen Sauerstoff ab, was theils in der bedeutenden Verwandtschaftskraft des Chlors zum Kalium, theils in der leichten Zerlegbarkeit der freien Chlorsäure seinen Grund hat. Als brennbaren Stoff pflegt man dem chlorsauren Kali meistens Schwefel, bisweilen Kohle beizumischen, manchmal auch beide zugleich. Letzteres geschieht unter andern, um ein sehr wirksames Sprengpulver darzustellen. Man hält zu diesem Behuf eine Mischung von Kohle und Schwefel in demselben Gewichtsverhältniß unter einander, wie sie Bestandtheile des Schießpulvers ausmachen, vorrätzig

gemengt mit
Schwefel,

Kohle,

Percussions-
pulver.

und mischt sie in solcher Menge zum chlorsauren Kali, daß letzteres — nach Aequivalenten berechnet — die Stelle des Salpeters im Schießpulver vertritt. Ein Gemenge von chlorsaurem Kali mit Schwefel, gewöhnlich in dem Verhältniß von 80 Th. des erstern mit 20 Th. des letztern ($\text{K Cl} + 2 \text{S}$), pflegte früher unter dem Namen Chlorkalischwefel vorrätzig gehalten zu werden und diente als Zusatz zu den schnellverbrennlichen Theilen mancher Feuerwerkssätze, die im Allgemeinen aus langsamer verbrennlichem Satz bestehen, z. B. zur Mischung mit gewissen Salzen, welche dem Satz eine bestimmte Farbe mittheilen sollen. Indessen verändert man oft die oben angegebenen Mischungsverhältnisse je nach Bedürfniß und besonders wenn neben Schwefel noch andere brennbare Stoffe, wie Kohle und Schwefelantimon, hinzugesetzt werden. Das Gemisch aus chlorsaurem Kali brennt, einmal entzündet, von selbst weiter, ohne daß es dazu eines Wärmeübertragers bedarf, wie z. B. der Kohle beim Salpeterschwefel. Es entwickelt sich also bei der Zersetzung jenes Gemisches in kurzer Zeit eine beträchtlichere Wärmemenge, als beim Salpeterschwefel, und man kann daher diese Wärmemenge sehr zweckmäfsig benutzen, um sie andern Stoffen mitzutheilen, welche zu einer hohen Temperatur erhitzt werden sollen.

Chlorkali-
schwefel.

§. 158. In einem Gemenge, welches ausschließlich zur Zündung gebraucht wird, ist das chlorsaure Kali mit dem Schwefelspießglanz zu gleichen Theilen enthalten. Dieses Gemisch ist, wie die Knallpräparate, durch Reibung, Schlag oder Stofs entzündlich und wird daher zur Entzündung des Schießpulvers mittelst der sogenannten Schlagröhren in groben Geschützen angewendet. Bis vor einigen Jahren wurde hier und da dieses Zündpräparat auch zur Zündung der Ladung in den Gewehren statt des Knallquecksilbers angewendet. In der preussischen Artillerie hat man jedoch die Anwendung jenes Gemisches in den sogenannten Zündhütchen aufgegeben, theils wegen der Unsicherheit in der Wirkung, theils wegen der schädlichen mechanischen Einwirkung, die man in der

Schwefel-
antimon.

Frictions-
Zündsatz.

Erweiterung des Zündloches wahrzunehmen glaubt und einem chemischen Angriff des bei der Zersetzung frei werdenden Chlors Schuld giebt. Ob letzteres unter diesen Umständen wirklich auftrete, erscheint zweifelhaft, wohl aber deutet der Geruch der Zersetzungsprodukte auf eine Bildung von Chlorschwefel, dessen Zersetzung durch das Wasser der Luft freilich Anlaß zu einer nicht minder zerstörenden Verbindung (der Chlorwasserstoffsäure) geben würde. Und da gleichzeitig Chlorantimon und Schwefelkalium sich bilden, so wird auch durch diese das Eisen angegriffen werden.

Stoffe in
Leuchtsätzen.

Zink und
Eisen.

§. 159. Ausser den bisher erwähnten unorganischen Körpern sind noch einige zu erwähnen, welche vorzugsweise nur als Beimischung zu verschiedenen Leuchtsätzen dienen, nämlich zwei Metalle und eine Anzahl Salze, vorzugsweise der alkalischen Erden. Die beiden Metalle sind Zink und Eisen, ersteres um Leuchtsätzen eine bläulich-grüne Farbe mitzutheilen, letzteres um ein Verbrennen mit Funken sprühen hervorzubringen. Beide Metalle werden in fein vertheiltem Zustande, z. B. als Feilspäne, angewendet, das Eisen natürlich nicht als reines, sondern als eine seiner bekannten Kohlenverbindungen, Stahl oder Gusseisen, Zink oft in der Gestalt eines Amalgams, welches eine leichtere Pulverisirung gestattet. Sie äussern ihre Wirkung, indem sie unter Lichtentwicklung sich oxydiren, wobei das Zink mit der ihm eigenthümlichen blaugrünen Farbe brennt.

Farbige
Feuer.

Unter den Salzen sind es die salpetersauren Verbindungen der Baryterde, Strontianerde und des Natrons und das schwefelsaure Kupferoxyd-Ammoniak, welche zu farbigen Feuern gebraucht werden, und zwar das Barytsalz zum grünen, das Strontiansalz zum rothen, das Natronsatz zum gelben, das Kupferoxydsatz zum blauen Feuer. Zum weissen Feuer nimmt man das sogenannte Kaltgeschmolzenzeug, welches aus grauem Satz, Mehlpulver und Schwefelantimon unter Alkohol (Branntwein) zusammengerührt wird. Die jetzt üblichen Mischungsverhältnisse sind für die oben angegebenen Farben folgende, für 100 Theile berechnet:

	Grün	Roth	Gelb	Blau	Weiss
Chlorsaures Kali	32,7	29,7	—	54,5	—
Schwefel	9,8	17,2	23,6	—	20
Holzkohle	5,2	1,7	3,8	18,1	—
Salpetersaur. Baryt	52,3	—	—	—	—
- Strontian	—	45,7	—	—	—
- Natron	—	—	9,8	—	—
Schwef. Kupferoxyd-Ammon.	—	—	—	27,4	—
Salpeter	—	—	62,8	—	60
Schwefelantimon	—	5,7	—	—	5
Mehlpulver	—	—	—	—	15

In frühern Zeiten dienten in der Kriegsfeuerwerkerei noch mehre andere Salze als Beimischung zur Herstellung bunter Feuersätze, z. B. Kalksalze zu einem Orangefeu, salpetersaures Kupferoxyd, Grünspan und Borax zu Grün, Wismuth und Alaun zu Blau u. dgl. m. und man bezweckte hierdurch eine grössere Mannigfaltigkeit in der Schattirung. Da indessen aus grossen Entfernungen, aus welchen diese Farben als Signale gesehen werden sollen, die meisten jener Schattirungen nicht mehr erkennbar waren, so hat man nur die oben angegebenen Farben als Signale beibehalten und selbst bei der Anwendung dieser ist noch mit Umsicht zu verfahren rücksichtlich der Wahl der Farben, die auf einander folgen sollen.

Es sind unter den Farbe mittheilenden Salzen natürlicher Weise diejenigen Salze die besten, deren Säure zum Verbrennungsproceß kräftigst mit beitragen kann. In Rücksicht hierauf würden die chlorsauren Salze jener Basen, welche Flammen Färbung ertheilen, die vortheilhaftesten sein wegen der leichteren Zersetzbarkeit der Chlorsäure. Indessen stehen ihrer Anwendung mehre Hindernisse entgegen: sie sind theils sehr zerfließlich, theils überaus leicht zersetzbar, oft freiwillig und unter Explosion, und endlich sind sie noch nicht einmal Gegenstand des Handels, müßten demnach in den Feuerwerkslaboratorien selbst oder auf besondere Bestellung von kundigen Chemikern dargestellt werden. Mit

Recht hat man daher die schon in alten Sätzen üblichen salpetersauren Salze beibehalten und, wenn diese unangenehme Eigenschaften besitzen, z. B. *dilquesceirend* sind, so kann man auch andere Salze derselben Basen anwenden. So bedient man sich nicht selten statt des salpetersauren Natrons und der salpetersauren Strontianerde, der kohlensauren Salze jener Basen.

Organische
Stoffe in den
Brandsätzen.

§. 160. Zu den Brandsätzen, die wesentlich aus grauem Satz und Mehlpulver bestehen, pflegt man gewisse organische Stoffe, nämlich Pech, Harz oder Theer, hinzuzusetzen, welche vergleichsweise leicht entzündlich und leicht verbrennlich sind, aber doch dabei eine viel längere Zeit zu ihrer völligen Verbrennung brauchen, als selbst die trägsten der üblichen Feuerwerkssätze. Obwohl die Temperatur bei der Verbrennung der Feuerwerkssätze viel höher ist, als die zur Entzündung von Holz u. dergl. nothwendige, so kann man doch einen Feuerwerkssatz, wie z. B. den grauen Satz, nicht allein als Zündmittel gebrauchen, er müßte denn außerordentlich leicht zu entflammende Materialien, wie Stroh, Flachs u. dgl. treffen. Denn die Temperatur, welche Holz bis zum Anfang des Verbrennens erhitzen soll, muß eine bemerkliche Zeit anhalten, ehe die brennbaren Gase aus dem Holze zu entweichen beginnen. Erst wenn diese erscheinen, kann man darauf rechnen, daß die bei ihrer Verbrennung entwickelte Wärme das Weiterbrennen des Holzes bewirkt. Jene länger andauernde für die trockne Destillation des Holzes erforderliche Hitze liefern nun Pech, Harz u. dgl., indem sie, durch den Feuerwerkssatz bis zur Zersetzung erhitzt, Kohlenwasserstoffe entwickeln, die sich entzünden und dabei die weitere Zersetzung des noch unversehrt gebliebenen Antheils vom Harz oder Pech verursachen, während der Feuerwerkssatz schon lange völlig zersetzt ist und keine weitere Wärme mehr mittheilen kann.

Prüfung der
Reinheit der
Materialien.

§. 161. Da es für die Wirkung, wie für die Aufbewahrung der Feuerwerkssätze von großer Wichtigkeit ist, daß die zu denselben verwendeten Materialien, namentlich die

Salze, möglichst rein seien, so sollen hier die nöthigen Merkmale für Erkenntniß der Reinheit und die Art und Weise der chemischen Untersuchung mitgetheilt werden, so weit es bisher noch nicht geschehen ist.

§. 162. Die Kennzeichen für den Salpeter und seine Reinheit sind schon Abth. I. §. 276. und II. §. 23. angegeben. Die preussischen Feuerwerkslaboratorien erhalten den Salpeter von den Pulverfabriken des Staates in einem Zustande fast völliger chemischer Reinheit (s. oben § 23.) und brauchen daher das ihnen gelieferte Salpetermehl keiner weiteren Untersuchung zu unterwerfen. Sollten sie aber einmal genöthigt sein, Salpeter anderweitig sich zu verschaffen, so muß er untersucht werden namentlich rücksichtlich einer etwaigen Verunreinigung durch Chlormetalle und salpetersaures Natron. Die Vorschriften dazu sind oben (Abth. II. §. 24 ff.) gegeben. Eben so erhalten die Feuerwerker auch das erforderliche Schießpulver von den Pulverfabriken des Staats und untersuchen es nur in Bezug auf Brenngeschwindigkeit und Treibkraft, nicht chemisch.

Salpeter.

§. 163. Schwefel wird als Stangenschwefel bezogen und in den Werkstätten selbst zerkleinert, oder es werden die hauptsächlichsten Gemische, wie Salpeterschwefel und grauer Satz, von den Pulverfabriken geliefert. Die Eigenschaften, etwaigen Verunreinigungen, so wie die Methode der Untersuchung des Schwefels sind schon früher (Abth. I. §§. 48—51., II. §. 49.) angeführt.

Schwefel.

§. 164. Das chlorsaure Kali bezieht man im Handel in der Regel so rein, daß es kaum etwas zu wünschen übrig läßt. Seine Darstellung und Eigenschaften sind Abth. I. §. 280. 281. angegeben. Man wird daher das käufliche Produkt schon an dem Aeufßern der Krystalle leicht erkennen und, wenn die Krystalle nicht zerrieben sind, allenfalls schon in Bezug auf seine Reinheit beurtheilen können. Erhält man das Salz jedoch als Pulver, so muß man es untersuchen, und verfährt dabei am besten und schnellsten so: ein Theil wird auf glühende Kohlen geworfen, ob das Salz sehr schnell verpufft,

Chlorsaures
Kali.

eine andere sehr geringe Menge (höchstens 1 Gran) wird mit eben so viel Schwefelantimon in einem Mörser kräftig gerieben, wobei eine Zersetzung unter Explosion und Lichtentwicklung eintreten muß; von einem anderen Theil (ungefähr 3—5 Grmm.) macht man eine wässrige Lösung, welche erst mit verdünnter Salpetersäure (wobei sie nicht aufbrausen darf, sonst enthält sie zweifach kohlensaures Kali) und hierauf mit salpetersaurer Silberoxydlösung versetzt wird. Im letzten Fall darf kein Niederschlag, höchstens eine unbedeutende Trübung stehen, sonst sind zu viele Chlormetalle beigemischt.

Vorsicht bei
Verreiben
des
chlorsauren
Kali's.

Es möge hier noch einmal auf die gefährlichen Explosionen aufmerksam gemacht werden, welche bei dem Reiben eines Gemisches von diesem Salze mit Kohle, Schwefel und Schwefelantimon oder andern organischen Körpern entstehen können. Es ist deshalb eine besondere Vorsicht bei der Aufbewahrung des chlorsauren Kalis in den Feuerwerkslaboratorien zu empfehlen. Man bewahrt es am besten in gut verschlossenen Glasflaschen auf, damit nicht etwa Kohlentheilchen oder anderer Staub sich dazwischen mengen können. Es sollen Beispiele von Explosionen beim Reiben des angeblich reinen chlorsauren Kalis vorgekommen sein. Wahrscheinlich werden aber wenn auch ganz unmerkliche Mengen der oben erwähnten oder anderer Stoffe das Salz verunreinigt und die Explosion herbeigeführt haben. Vom Licht wird, wie man häufig annimmt, das reine chlorsaure Kali durchaus nicht verändert, höchstens könnte in solchem Präparat, welches aus verdorbenem Chlorkalk gewonnen ist (Abth. I. §§. 280. 390.), durch einen Rückstand von unterchlorigsaurer Kalkerde eine Zersetzung der letztern durch das Licht herbeigeführt werden.

Schwefel-
antimon.

§. 165. Das Schwefelantimon, als Handelswaare gewöhnlich *Antimonium* genannt, ist in der Gestalt, wie es in der Regel von den Hütten in den Handel kommt, sehr leicht an seinem strahlig krystallinischen Gefüge und seiner Farbe kenntlich (s. Abth. I. §§. 777. 778.). Erhält man es aber als feines

Pulver, so überzeugt man sich davon, daß es wirklich Schwefelantimon ist, am schnellsten vor dem Löthrohr (Abth. I. §. 766.) durch seine vollkommene oder fast vollständige Verflüchtigung und den weißen Beschlag um die Probe, oder man behandelt das Pulver mit concentrirter Salzsäure und die salzsaure Lösung alsdann mit Schwefelwasserstoffgas, wobei ein reichlicher orangerother Niederschlag entstehen muß. Die Verunreinigungen, welche das gute käufliche Schwefelantimon zu enthalten pflegt, sind unbedeutend und für den Zweck, zu dem man dasselbe in der Feuerwerkerei gebraucht, durchaus nicht hinderlich; geflissentliche Verfälschungen kommen aber bei dieser Waare fast niemals vor. Hätte man daher wegen Mangels an strahligem Gefüge eine starke Verunreinigung zu vermuthen, so wird man sich am besten von der ungefähren Grösse derselben ebenfalls durch Behandlung vor dem Löthrohr überzeugen oder auch auf nassem Wege. Im letztern Fall kocht man das pulverisirte Schwefelmetall mit einer concentrirten Auflösung von Schwefelkalium, wobei die Schwefelmetalle von Eisen, Blei und Kupfer, welche die gewöhnlichen Begleiter des Grauspiefsglanzes sind, unlöslich zurückbleiben, nur Schwefelarsenik geht mit in Lösung. Eine sorgfältige Reinigung des käuflichen Schwefelantimons ist nicht vorthellhaft; sollte die Verunreinigung desselben zu bedeutend sein, so verwirft man lieber die Waare ganz. Es kommt auch, namentlich bei seiner Anwendung in dem Frictionszündsatz, nicht sowohl auf seine chemische Reinheit, als auf seine krystallinische Structur an, zufolge deren eine leichtere Zersetzung des chlorsauren Kali's eintritt, wenn das Gemisch gerieben oder gestossen wird. Käme es auf chemische Reinheit des Präparats an, so könnte man ja ohne erheblich größere Kosten Kermes (I., §. 778.) anwenden; Versuche aber zeigten, daß diese Art des Schwefelantimons schlechter wirkt, als das unreinste Antimonium crudum.

§. 166. Die oben erwähnten in den farbigen Feuern gebräuchlichen Salze sind in reinem Zustande ebenfalls ein

Unter-
suchung

der Salze
zu den
farbigen
Feuern.

Gegenstand des Handels in den Droguerien und Pharmacien. Um sich der Wirkung eines solchen Salzes zu vergewissern, ist es am einfachsten, dasselbe mit den andern üblichen Theilen des Satzes zu mischen und die Farbe des abbrennenden Gemenges zu beurtheilen. Bisweilen kann es jedoch rücksichtlich der Aufbewahrung einiger Salze wissenswerth sein, ob gewisse fremde Beimengungen vorhanden sind, welche eine längere Aufbewahrung der aus einem Salze gefertigten Feuersätze bedenklich machen, wie die Anwesenheit hygroskopischer oder diluquesirender Verbindungen.

Salpetersaure
Baryterde.

§. 167. Die salpetersaure Baryterde ist Handelsgegenstand in einer für die Zwecke der Feuerwerkerei völlig genügenden Reinheit. Man kauft sie am zweckmässigsten in Gestalt gut ausgebildeter Krystalle, welche leicht kenntlich sind (Abth. I., §. 335.), nicht in Pulverform, sonst muß sie wenigstens auf ihr Freisein von hygroskopischen Substanzen geprüft werden, wenn sie überdies eine genügende Wirkung im Feuersatz gab. Will man genau wissen, ob das Präparat reine salpetersaure Baryterde sei, so bleibt nichts übrig, als eine gewogene Quantität davon aufzulösen, mit Ueberschuß von Schwefelsäure zu versetzen, und aus dem erhaltenen Gewicht der schwefelsauren Baryterde die äquivalente Menge salpetersaurer zu berechnen. Anwesenheit von Chlorbarium beeinträchtigt die grüne Farbe des Feuersatzes nicht und eben so wenig seine Trockenheit während längerer Aufbewahrung, denn das Chlorbarium ist luftbeständig.

Salpetersaure
Strontianerde

§. 168. Die salpetersaure Strontianerde ist wie das Barytsalz, an seiner Krystallform (Abth. I., §. 365.) leicht zu erkennen. Man hat dieses Präparat, wenn es dem Feuersatz eine schöne rothe Farbe mittheilte, nur auf die etwaige Anwesenheit des Chlorstrontiums zu untersuchen, welches den Feuersatz hygroskopisch machen würde. Man prüft defshalb, ob eine Auflösung desselben durch eine Auflösung von salpetersaurem Silberoxyd nicht getrübt wird.

Salpeter-
saurer Natron.

§. 169. Das salpetersaure Natron, in grossen Krystallen bezogen, ist äußerlich leicht kennbar an den Rhomboë-

dern (Abth. I., §. 303.), und ist in genügender Reinheit Handelsartikel. Wegen seiner Neigung, Feuchtigkeit anzuziehen, bedarf es einer sorgfältigen Aufbewahrung, gegen Zutritt der Luft gesichert, und macht einen ähnlichen Schutz auch für die daraus bereiteten Feuerwerkssätze nothwendig. Daher wird es auch öfters durch kohlensaures Natron ersetzt.

§. 170. Das schwefelsaure Kupferoxyd-Ammoniak zeichnet sich durch die schöne Farbe seiner Krystalle aus (Abth. I., §. 618.). Da es leicht verwittert, so bewahrt man es gegen Zutritt der Luft geschützt auf. Es ist dieses Salz meist nicht ein Handelsartikel, sondern wird auf besondere Bestellung von Chemikern angefertigt. Man untersucht es daher nicht auf fremde Verunreinigungen, sondern auf die Reinheit der Farbe, welche es einem Feuersatze mittheilt.

Schwefel-
saures
Kupferoxyd-
Ammoniak.

§. 171. Die Eigenschaften der oben erwähnten (§. 160.) in der Feuerwerkerei angewendeten organischen Stoffe sind so allgemein bekannt, und ihre Verfälschung ist wegen ihres wohlfeilen Preises so ungewöhnlich, daß eine nähere Erörterung über die Untersuchung ihrer Reinheit unterbleiben kann.

§. 172. Es soll hier nur noch eine Anweisung zur chemischen Analyse fertiger Feuersätze, so wie sie in der Kriegsfeuerwerkerei vorzukommen pflegen, gegeben werden. Zu diesem Zweck können wir zweierlei Arten der Feuersätze unterscheiden, die einen, welche Salpeter als Sauerstofflieferer und als Brenner die andern Bestandtheile des Schießpulvers, — sei es in demselben Verhältniß wie im letztern, sei es in andern Mischungen — und außerdem vielleicht andere Beimischungen, wie Salze behufs der Farbengebung oder organische Stoffe zu Brandsätzen enthalten; die andern, welche als Sauerstofflieferer chlorsaures Kali und als Brenner Schwefel, Kohle, oder Schwefelantimon und zur Farbengebung gewisse Salze enthalten. Zur ersten Art würden also die Sätze, deren Hauptbestandtheil Mehlpulver ist, gehören, wie im Zündpapier, in den Zündlichtern, Satzröhrchen u. dergl.,

Chemische
Untersuchung
fertiger
Feuersätze.

ferner grauer Satz und daraus gefertigte Feuerwerkskörper, wie Leuchtkugeln, Kalt- und Warmgeschmolzenzeug u. s. w. Zur zweiten Art würden die in den Signalkarten angewendeten bunten Feuersätze und der Frictionszündsatz zu rechnen sein.

Analyse
der
Feuersätze
aus
Salpeter,
Schwefel
und Kohle.

§. 173. Die aus Salpeter, Schwefel und Kohle bestehenden Feuerwerkssätze sind auf dieselbe Weise der Analyse zu unterwerfen, wie dies oben (§. 83.) bei der Untersuchung des Schießpulvers angegeben ist. Man wird, da in der Regel die Zusammensetzung des Schießpulvers der Theorie möglichst entsprechend gemacht wird, aus den relativen Mengen von Schwefel, Salpeter und Kohle, ziemlich genau beurtheilen können, wie viel Schießpulver oder grauer Satz angewendet war. Indess sind bei einer quantitativen Analyse fertiger Sätze theils die Bindemittel, theils die in den Brandsätzen enthaltenen harzigen Stoffe sehr hinderlich und man kann in solchen Fällen nicht dieselbe Genauigkeit in den Resultaten beanspruchen, als es sonst der Fall ist. Um diese Stoffe von den andern Bestandtheilen zu entfernen, muß man verschiedene Wege einschlagen. Am leichtesten kann es mit den Harzen geschehen (dem Colophon), indem man den fein vertheilten Feuersatz mit Alkohol von 0,81 spec. Gew. so lange auskocht, als der Alkohol sich noch bräunlich färbt. Wenn man dann die alkoholische Lösung des Harzes zur Trockne verdampft, so kann man auch die Quantität des Harzes ermitteln. Die Bindemittel aber, die zum Zusammenhalt der Sätze dienen und meistens aus Gummi arabic. oder Leim bestehen, sind nicht so leicht vom Feuersatz zu trennen, denn sie lösen sich nicht in so starkem Alkohol, in welchem sich nicht auch etwas Salpeter löste, und man muß sie daher mit letzterem in die wässrige Lösung übergehen lassen. Da ihre Menge meistentheils nur unbedeutend ist, so kann man die Salpeterlösung nach der gewöhnlichen Methode eindampfen und zuletzt bis zum Schmelzen erhitzen, wobei jene organischen Stoffe ohne stürmische Reaction zerstört werden. Zu dem geglühten

Rückstände setzt man alsdann eine hinreichende Menge Salzsäure hinzu, filtrirt, wenn es nöthig sein sollte, dampft die salzsaure Lösung zur Trockne und glüht in einem bedeckten Porzellantiegel das Chlorkalium, aus dessen Gewichtsmenge sich leicht die entsprechende Menge Salpeter berechnen läßt. Natürlich kann unter diesen Umständen die Quantität des vorhanden gewesenen Bindemittels nicht bestimmt werden; dies ist aber auch meistens unnöthig. Sollte es erforderlich sein, so kann auch dies geschehen, indem die wässrige Salpeterlösung zur Trockne gedampft und die bei 120° C. getrocknete Masse sammt dem darin befindlichen Gummi oder Leim gewogen wird. Dann verfährt man zur Zerstörung der organischen Stoffe wie vorhin und wird aus der Differenz der aus dem Chlorkalium berechneten Salpetermenge und der mit den organischen Stoffen gewogenen Menge die Quantität der letztern finden.

Es gehören zu dieser Klasse noch zwei Feuersätze, von denen der eine außer Schwefel, Kohle und Salpeter, Schwefelantimon (das sogenannte Kaltgeschmolzenzeug) und der andere salpetersaures Natron enthält (ein gelbes Feuer). Die Anwesenheit des Schwefelantimons läßt sich leicht schon an dem Glanze des schwarzen Pulvers, welches beim Behandeln mit Wasser unter der Kohle zurückbleibt und schnell auf dem Boden des Gefäßes sich absetzt, erkennen; sicherer noch durch das Verhalten des trocknen Pulvers gegen chloresaures Kali (s. oben §. 165.). Die Menge desselben aber wird so gefunden, daß man den vom Salpeter durch Auslaugen befreiten Rückstand mit concentrirter Salzsäure kocht und aus der filtrirten Lösung, welche Antimonchlorid enthält, Schwefelantimon fällt, welches alsdann wie oben (§. 53.) behandelt wird. — Der andere Feuersatz, welcher salpetersaures Natron enthält, wird folgendermaßen untersucht: man behandelt ihn mit Wasser so lange als noch Lösliches ausgelaugt wird, dampft die Lösung, welche die beiden salpetersauren Salze enthält, zur Trockne, verwandelt die salpetersauren Salze in Chlormetalle und fügt zu den trocknen

Analyse
der
Feuersätze,
welche
Schwefel-
antimon

und
salpetersaures
Natron
enthalten.

vorher gewogenen Chlormetallen eine alkoholische Lösung von Platinchlorid. Das dadurch entstandene Kaliumplatinchlorid wird auf die gewöhnliche Weise bestimmt und das daraus erhaltene Chlorkalium von dem Gesamtgewicht der Chlormetalle subtrahirt; der Rest ist Chlornatrium, aus dem dann die äquivalente Menge salpetersauren Natrons berechnet wird. Diese Methode erfordert indeß, wenn sie genaue Resultate liefern soll, die Anwendung aller der Vorsichtsmaßregeln, welche gute analytische Handbücher ergeben und es muß daher auf solche hier verwiesen werden.

Analyse
der Sätze aus
chlorsaurem
Kali.

§. 174. Unter denjenigen Sätzen, welche chlorsaures Kali als Sauerstofflieferer enthalten, ist der Frictionszündsatz mit Hausenblase (Leim) vermischt, während die andern, welche grüne, rothe und blaue Feuer abgeben, nur mit Alkohol angefeuchtet in Hülsen geprefst werden.

Der
Frictionssatz.

Obwohl in dem Frictionszündsatz einfach nur eine im Wasser lösliche von einer darin unlöslichen Substanz zu trennen ist, so erschwert doch die Anwesenheit der geringen Menge Leim, namentlich aber die feine Vertheilung des Schwefelantimons, die Abscheidung des chlorsauren Kali's durch Lösung in Wasser und Filtriren sehr. Stets geht vom Schwefelantimon etwas mit durchs Filtrum, selbst durch ein doppeltes und dreifaches, und man ist daher genöthigt, entweder die kleine Menge durchfiltrirten Schwefelantimons, welche bei neuen Filtrationen immer wieder mit durchs Filter geht, zu oxydiren und vermittelst Schwefelwasserstoff auszufällen, oder man schlägt einen andern Weg ein. Dieser ist folgender: man zertheilt den Satz in heißem Wasser und fügt einige Tropfen Gerbsäurelösung hinzu, wodurch der Leim gefällt und das fein vertheilte Schwefelantimon mit eingehüllt wird. Die Flüssigkeit läßt sich alsdann klar filtriren und der Rückstand auf dem Filtro mit heißem Wasser gut auswaschen. Das Filtrat dampft man zur Trockne und glüht es, wobei ohne heftige Verpuffung die Gerbsäure zer setzt wird; den geglühten Rückstand übergießt man mit

Salzsäure *), dampft wieder zur Trockne, glüht in einem bedeckten Tiegel die trockne Salzmasse und berechnet aus dem erhaltenen KCl die entsprechende Menge $K\ddot{O}Cl$. Aus dem Verlust ergibt sich das Schwefelantimon. Die unbedeutende Menge Hausenblase, welche als Bindemittel diente, beträgt nur Bruchtheile eines Procents **) und kann daher vernachlässigt werden.

Zu den Feuerwerkssätzen für bunte Signalfeuer gebraucht die preussische Kriegsfeuerwerkerei nur bei dreien das chlor- Der grüne Satz. saure Kali (s. oben p. 161.). Am leichtesten ist darunter der grüne Feuersatz zu untersuchen. Man befreit auf die bei der Analyse des Schießpulvers ausführlich erörterte Methode (s. §. 83.) den Feuersatz mit Wasser von seinen löslichen Bestandtheilen, wobei Kohle und Schwefel auf dem Filtro zurückbleiben. Aus der Lösung wird durch Ueberschuss von Schwefelsäure die Baryterde ausgefällt und das Filtrat von der $Ba\ddot{S}$ zur Trockne gedampft und geglüht. Aus dem Gewicht des dabei erhaltenen $K\ddot{S}$ berechnet man das $K\ddot{O}Cl$, aus dem Gewicht der $Ba\ddot{S}$ die $Ba\ddot{N}$. Der auf dem Filtro gebliebene Rückstand wird wie das Schießpulver, in welchem der Schwefel bestimmt werden soll, behandelt (s. ob. p. 81.).

Der blaue Feuersatz (oben p. 161.) wird ebenfalls mit Der blaue Satz. Wasser behandelt, aus der Lösung das Kupfer durch Schwefelwasserstoff ausgefällt und das Schwefelkupfer auf dem Filtro mit Schwefelwasserstoff ausgewaschen. Die vom Kupfer befreite Flüssigkeit enthält das chlorsaure Kali und die Schwefelsäure und das Ammoniak des Kupfersalzes; sie wird mit noch etwas Schwefelsäure versetzt, eingedampft und geglüht und aus dem $K\ddot{S}$ das $K\ddot{O}Cl$ berechnet. Das Schwefelkupfer röstet man auf dem Deckel eines Tiegels, bestreut die geröstete Masse mit kohlensaurem Ammoniak, glüht wieder und setzt dies fort bis kein Gewichtsverlust mehr stattfindet. Aus dem auf diese Weise erhaltenen

*) in einem Porzellengefäß.

**) in Preussen in der Regel 0,125 p. C.

Kupferoxyd berechnet man die Menge des schwefelsauren Kupferoxyd-Ammoniaks nach der Formel (Abth. I., §. 618.), vorausgesetzt, daß dieses Salz gegen den Zutritt der Luft bei der Aufbewahrung nur einigermaßen geschützt war. Die bei der Behandlung mit Wasser auf dem Filtrum gebliebene Kohle ergibt sich dann aus dem Verlust.

Der
rothe Satz.

Der rothe Feuersatz erfordert wegen der größern Mannigfaltigkeit seiner Bestandtheile eine größere Mühe bei der Analyse. Man zieht zuerst mit heißem Wasser das chloresaurer Kali und die salpetersaure Strontianerde aus, fällt aus dieser Lösung die Strontianerde durch eine mit Ammoniak versetzte Lösung von kohlensaurem Ammoniak und bestimmt die ausgewaschene, getrocknete und geglühte SrO dem Gewicht nach. Die Flüssigkeit, welche das chloresaurer Kali enthält, wird mit Salzsäure eingedampft, bis zur Entfernung der Ammoniaksalze geglüht und aus dem KCl das KCl berechnet. Das Gemisch von Schwefelantimon, Kohle und Schwefel, welches bei der Behandlung mit Wasser auf dem Filtrum blieb, wird mit concentrirter Salzsäure gekocht, aus der filtrirten Lösung wie oben (p. 53.) das Antimon gefällt und bestimmt, und das Gemisch von Kohle und Schwefel endlich behandelt wie bei der Schwefelbestimmung im Schießpulver (p. 81.). Bisweilen ist das rothfärbende Strontiansalz nicht salpetersaures, sondern Chlorstrontium und man muß sich deshalb dessen erst versichern, indem man in einer vorläufigen Probe untersucht, ob der wässerige Auszug durch salpetersaures Silberoxyd einen Niederschlag giebt. Ebenso bedient man sich mitunter des kohlensauren Strontians; dieser würde bei der Behandlung mit Wasser unlöslich bleiben und sich erst zeigen, wenn sein Gemisch mit Kohle, Schwefel, Schwefelantimon durch verdünnte Salzsäure behandelt wird.

Das Knallquecksilber und die Verfertigung der Zündhütchen.

§. 175. Es ist schon früher (Abth. I., §. 735.) eine Vor-^{Fabrikmässige} schrift zur Darstellung des knallsauren Quecksilberoxyds ^{Darstellung} gegeben, welche sich auf die Bereitung dieses Salzes zu ^{des Knall-}quecksilbers. kleinen Versuchen bezog. Für die fabrikmässige Gewinnung desselben befolgt man ein etwas anderes Verfahren und nimmt, so weit es bekannt ist, die Substanzen dazu in etwas andern Verhältnissen. Folgende Methode soll ein sehr gutes Präparat liefern:

Man übergießt 2 Pfund Quecksilber in einem Kolben mit 10 Pfund schwefelsäurefreier Salpetersäure von 1,33 spec. Gew. bei 18°,75 C. (36° B.) und löst es darin bei gelinder Sandbadwärme vollständig auf. Die Lösung versetzt man hierauf mit noch eben so viel Salpetersäure von derselben Beschaffenheit und läßt sie nach tüchtigem Umschütteln stehen, bis sich keine rothen Dämpfe mehr zeigen. Dieselbe wird alsdann in sechs tubulirte Retorten zu gleichen Maaßtheilen vertheilt und zu dieser noch warmen Flüssigkeit werden für jeden Retorteninhalt 10 Quart Alkohol von 0,833 spec. Gew. (bei 18°,75 C.) zugegossen. Man erwärmt die alkoholische Quecksilbersalzlösung über einem Holzkohlenfeuer schnell einige Augenblicke und wenn sich Gas aus der Flüssigkeit entwickelt und weisse Dämpfe zu zeigen beginnen, werden die Retorten vom Feuer entfernt. Die chemische Einwirkung

setzt sich nun weiter fort und wenn etwa rothe Dämpfe auftreten, fügt man noch $\frac{1}{8} - \frac{3}{16}$ Quart Alkohol hinzu. Man kühlt den Retorteninhalt schliesslich durch Zugufs von $\frac{1}{2}$ Quart Wasser und giesst die Flüssigkeit von den auf dem Boden der Retorten liegenden Krystallen des knallsauren Quecksilberoxyds ab. Die Ausbeute jeden Tags an Salz wird in einem Topf gesammelt und dann auf einem Leinwandfilter mit Regen- oder Flußwasser so lange gewaschen, bis das Waschwasser nicht mehr sauer reagirt. Von dem feuchten Präparat trocknet man nur einen Theil auf dicken Papierunterlagen bei gewöhnlicher Stubenwärme, um dessen Feuchtigkeitsmenge quantitativ zu ermitteln und darnach die des Ganzen zu berechnen; denn zum Präparat für die Füllung der Zündhütchen wird das Knallquecksilber erst mit andern Substanzen vermischt, z. B. mit Schiefspulver oder mit einem Gemisch aus Salpeter und Schwefelblumen oder aus letztern beiden und chlorsaurem Kali, oder aus den eben genannten mit einem Zusatz von Schwefelantimon. Die Ausbeute an Knallquecksilber bei der Darstellung auf diese Weise schwankt zwischen 118 und 128 Theilen, während man der Theorie zufolge 142 Theile aus 100 Th. Quecksilber erhalten müßte. Es entweicht nämlich mit den weissen Dämpfen ein Antheil Quecksilber und ein anderer bleibt in der Flüssigkeit gelöst.

§. 176. Nach einer andern Vorschrift, welche auch ein sehr gutes Knallquecksilber liefern soll, löst man 1 Th. Quecksilber in 10 Th. Salpetersäure von 1,4 spec. Gew. und giesst die 54° C. warme Lösung langsam, aber ohne Unterbrechung hinter einander, in 8,3 Th. Alkohol von 0,83 spec. Gew. Das Auflösen des Quecksilbers geschieht in gläsernen Retorten, deren Hals in einen grossen Ballon aus Steingut hineinragt, und der Alkohol befindet sich in einem Glaskolben, dessen Rauminhalt reichlich das Sechsfache von dem Volum der aufzunehmenden Flüssigkeit beträgt. Das Filtriren und Auswaschen findet auf einem doppelten Papierfiltrum statt und das Trocknen auf einer irdenen Platte, die durch Dampf bis 100° geheizt ist. Die Ausbeute an Knall-

quecksilber soll bei dieser Methode auf 100 Th. Quecksilber 130 Th. betragen.

Zufolge einer Reihe Versuche, welche in England über das vortheilhafteste Verfahren zur Darstellung des Knallquecksilbers angestellt sind, giebt nur die zuletzt beschriebene Methode ein untadelhaftes Produkt und die reichste Ausbeute, während bei der Anwendung von 12 Th. Salpetersäure (von 1,36—1,38 spec. Gew.) und 32,3 Th. Alkohol (von 0,85 spec. Gew.) auf 1 Th. Quecksilber ein zwar gutes Knallpräparat, aber weniger Ausbeute erhalten wird und die Methode, den Alkohol portionsweise in das Quecksilbersalz zu gießen, die Gefahr hat, daß bei jedem neuen Zusatz eine fast explosionsartige Gasentwicklung entsteht. Bei Anwendung von 8 Th. Salpetersäure von 1,375 spec. Gew. und 6,5 Th. Alkohol von 0,846 spec. Gew. auf 1 Th. Quecksilber bildet sich gar kein knallsaures Quecksilberoxyd mehr, und bei Anwendung von 1 Th. Quecksilber, 10 Th. Salpetersäure (von 1,375 spec. Gew.) und 14 Th. Alkohol (von 0,85 spec. Gew.) entsteht ein Produkt, welches viel basisch salpetersaures Salz enthält und entweder gar nicht oder nur unvollkommen explodirt.

§. 177. Wenn die heftige Gasentwicklung während der Bildung des Knallquecksilbers durch Abkühlung des Gefäßes geschwächt wird oder wenn man sie dadurch unterdrückt, daß die entweichenden Gase in eine Flüssigkeit geleitet werden, um hierin das Quecksilber zu verdichten, so erhält man, selbst bei Anwendung der sonst vortheilhaftesten Verhältnisse zwischen den drei Ingredienzien, ein sehr ungünstiges Resultat. Ausser dieser Vorsichtsmafsregel, welche eine gute Ausbeute und ein brauchbares Präparat sichern soll, sind noch andere in Anwendung zu bringen, welche Unglück verhüten sollen. Es müssen nämlich die Arbeiter gegen die während der Bereitung des Knallquecksilbers entweichenden Dämpfe geschützt sein, weil diese mehr oder minder salpetrige Säure enthalten; es dürfen ferner diese Dämpfe nicht mit brennenden Körpern in Berührung kommen,

Vorsichts-
maafsregeln
bei
Darstellung
des Knall-
quecksilbers.

wodurch sie sich entzünden und Explosion verursachen können. Endlich muß das erhaltene Knallquecksilber sehr vorsichtig getrocknet und aufbewahrt werden, namentlich wenn es trocken ist, und man bedient sich hierzu verschiedener Methoden, von denen einige später erwähnt werden sollen. Um die Arbeiter gegen die Dämpfe zu schützen, ist es am zweckmässigsten, den Hals der Retorte, sowohl während der Auflösung des Quecksilbers, als während der Einwirkung des Alkohols durch einen ungefähr 5 Fufs langen Vorstofs aus Steingut mit einer gläsernen Vorlage zu verbinden, die ihrerseits wieder durch ein zweischenkliges Glasrohr mit einer zweiten und diese eben so mit einer dritten in Verbindung steht. Die Vorlagen sind mit kaltem Wasser umgeben und aus der letzten Vorlage entweichen die Dämpfe ins Freie oder in einen gut ziehenden Schornstein.

Eigenschaften
des Knall-
quecksilbers.

§. 178. Zu den schon früher (Abth. I., §. 735.) aufgezählten Eigenschaften des Knallquecksilbers möge hier noch Einiges hinzugefügt werden. Die plötzliche Zersetzung des Salzes ist von einem röthlichen Licht begleitet und sie findet statt durch Reiben, Stofs oder Schlag, durch den elektrischen Funken, durch Berührung mit Schwefelsäure oder durch Erhitzen bis $+186^{\circ}\text{C}$. Nimmt man letzteres mit einer kleinen Menge des Knallpräparats in einer an einem Ende zugeschmolzenen Glasröhre (einem gewöhnlichen Reagensglase) vor, so bildet sich etwas über der Stelle, wo die zersetzte Probe lag, ein Anflug von metallischem Quecksilber. Das knallsaure Quecksilberoxyd ist beständig an trockner wie an feuchter Luft, aber es verändert sich am Lichte, namentlich am directen Sonnenlicht, und fängt an sich zu schwärzen. Ein solches Präparat, welches einige Zeit dem Sonnenlicht ausgesetzt war, explodirt noch viel leichter, als das frisch dargestellte, und ist besonders empfindlich gegen Schlag und Reiben. Durch die letztern beiden Mittel wird im Allgemeinen dasjenige Knallquecksilber, welches sich in grössern Krystallen ausgeschieden hat, leichter

zersetzt, als das umkrystallisirte, welches gewöhnlich in platten und weichen Schuppen aus der Lösung sich ausscheidet. Die Entzündung durch Schlag erfordert eine gewisse Härte der Flächen; denn ein Schlag von Holz auf Holz oder von Eisen auf Holz bewirkt dieselbe nicht, ein Schlag von Eisen auf Blei selten, leichter schon ein Schlag von Glas auf Glas oder Marmor auf Marmor. Reibt man es aber zwischen zwei Holzflächen, so entzündet es sich leicht, während das Reiben zwischen zwei Marmor- oder Eisenplatten oder zwischen einer Marmor- und Holzplatte nicht so leicht die Zersetzung bewirkt. Mit 30 p. C. Wasser befeuchtet kann es ohne Gefahr auf einer Marmortafel mit hölzernem Reiber zerrieben werden. Es können zwar auch hier noch einzelne Theilchen zur Explosion kommen, letztere aber theilt sich nicht nebenliegenden Theilen mit.

Die Gasentwicklung bei der Zersetzung des Knallquecksilbers ist so momentan, daß gekörntes Schießpulver, welches neben dem entzündeten Knallpräparat sich befindet, nur weggeschleudert wird, ohne sich mit zu entzünden. Selbst wenn das Pulver eingeschlossen ist, erreicht man die Entzündung desselben immer sicherer, wenn dem Knallquecksilber andere leicht entzündliche Körper, z. B. Mehlpulver, aufs Innigste beigemischt sind, welche sich sicherlich entzünden und die zur Entzündung nöthige Temperatur alsdann der Schießpulverladung mittheilen.

§. 179. Die große Gefahr, welche bei der Aufbewahrung großer Mengen Knallquecksilbers für die Fabrik und Umgebung erwächst, macht eine ganz besondere Vorsicht bei der Aufbewahrung jenes Präparats erforderlich, und es haben sich daher die Fabrikanten auf verschiedene Weisen zu schützen gesucht. Einige schlagen das getrocknete Pulver in kleinen Portionen, z. B. von je 100 Gran, in Papier ein und bewahren eine Anzahl solcher Packete in großen mit Korken verschlossenen Glasgefäßen auf, jedoch nicht über 5 Pfund in je einem. Andere bewahren das ausgewaschene Knallquecksilber in einem hölzernen Gefäß unter Wasser auf

Vorsichts-
maafsregeln
bei Auf-
bewahrung
des Knall-
quecksilbers.

und haben als Deckel für dieses Gefäß einen mit Wachseleinwand derartig bespannten Reif, daß die glatte Seite der Wachseleinwand die Ränder des Gefäßes berührt. Beim Herausnehmen eines Theils wird immer dafür gesorgt, daß das rückständige Salz nicht von Wasser entblößt wird, und an den Wänden oder dem Deckel haften gebliebene Theilchen werden mit einem nassen Schwamm entfernt.

Die
Darstellung
des
Zündsatzes.

§. 180. Die Vermischung des Knallquecksilbers mit den Substanzen, welche meistens als Zusatz zu dem für die Zündhütchen bestimmten Präparat angewendet werden, bewerkstelligt man auf einer polirten Marmortafel mit Reibern oder Walzen aus Buchsbaumholz. Die angefeuchtete Substanz wird auf der Tafel ausgebreitet und die angemessene Menge feuchten Knallquecksilbers mittelst hölzerner oder hörnerner Löffel allmählig zugegeben. Wenn Salpeter als Zusatz dient, so nimmt man auf 100 Th. trocknes Knallquecksilber 50 Th. Salpeter, bei Anwendung von Schwefel und Salpeter auf 100 Th. Knallquecksilber $62\frac{1}{2}$ Th. Salpeter und 29 Th. Schwefel, bei Anwendung von Schießpulver auf 100 Th. Knallquecksilber 60 Th. Mehlpulver. Es ist zweckmässig, daß die Gemengtheile mit mindestens 30 p.C. Wasser verrieben werden, und man muß hierbei dennoch die gehörige Vorsicht anwenden, weil es auf den stets erforderlichen Feuchtigkeitsgehalt und auf den richtigen Druck des Reibers ankommt. Der nasse Brei des Zündpulvers wird langsam auf Papierunterlagen getrocknet und zwar so, daß er in noch etwas feuchtem Zustande der nächsten Operation unterliegt.

Das Körnen
des Zünd-
pulvers.

§. 181. Diese ist das Körnen, eine höchst gefährliche Arbeit, da eine zu grose Trockenheit oder zu starke Reibung leicht eine Explosion herbeiführen können. Man nimmt sie daher in einem abgesonderten Zimmer über einem Tisch vor, dessen Platte mit Wollenzeug überzogen ist, über welchem eine Decke von schwarzem Wachstuch liegt. Die Fußböden des Zimmers bestehen am besten aus Bleiplatten und die Verkleidung der Wände aus glattem Tafelwerk.

Die Haarsiebe, in denen das Körnen geschieht, sind an ihrem untern Rand mit einer Bleiplatte überzogen und man behandelt in ihnen immer nur wenig Pulver auf einmal. Zwischen jeder Operation wird das Sieb durch Wasser oder durch sehr verdünnte Salzsäure gezogen. Die gekörnte Masse füllt man in Blechbüchsen, die mit Stanniol ausgelegt und mit einem Bleideckel verschlossen sind, und schüttelt sie etwas, damit die Körner fester werden. Dann breitet man die Körner auf Papier aus und trocknet sie in flachen Holzkästchen (Schachteldeckeln z. B.) auf Gerüsten, die um den Ofen der Trockenstube aufgestellt sind. Die oberste Abtheilung des Gerüstes bleibt frei, damit kein Staub von der Decke, wenn diese aus Kalk besteht, in das Pulver fällt. Die gekörnte Masse wird durch Sieben vom Staub befreit und zur Aufbewahrung durch Papiertrichter in Flaschen gefüllt, die mit Binsen und mit Leder umgeben sind.

§. 182. Die Verfertigung der Zündhütchen, welche fast allgemein aus Kupferblech, selten aus versilbertem Kupferblech bestehen, geschieht in der Maschine Fig. 45. In Das Anfertigen der Zündhütchen. zwei Ständern *b c* bewegt sich die mit einem Schwungrade *p* und einer Handhabe *y* versehene Axe *a*, an welcher die Gabeln *g h* und der mit Kupferblech *m* verkleidete Cylinder *i* auf Excentricis laufen. An *g* und *h* sind die Stangen *d* und *e* angeschraubt und der Cylinder *i* ist in *k* gebrochen. Alle drei sind an dem Rahmen *l*, welcher die zwei Matrizen trägt, befestigt. Der Stempelträger *f* mit seinen Stempeln ist auf seiner Unterlage unbeweglich und das Spiel der Maschine geht folgendermaßen: Wenn der Rahmen mit den Matrizen in der höchsten Stellung sich befindet (was in der Zeichnung nicht der Fall ist), so schiebt sich das Kupferblech, aus welchem die Hütchen gepresst werden sollen, zwischen die Spitze der Stempel und die Matrizen. Beim Niedergang des Rahmens schneiden die Matrizen Stücke Kupferblech gleich ihrem Durchmesser aus. In diesem Augenblick bewirkt bei weiterer Umdrehung der Axe die grössere Excentricität des Theils derselben, an welchem *d*

und *e* befestigt sind, ein noch tieferes Herabsteigen des Rahmens, wodurch die Stempel gezwungen werden, die eben

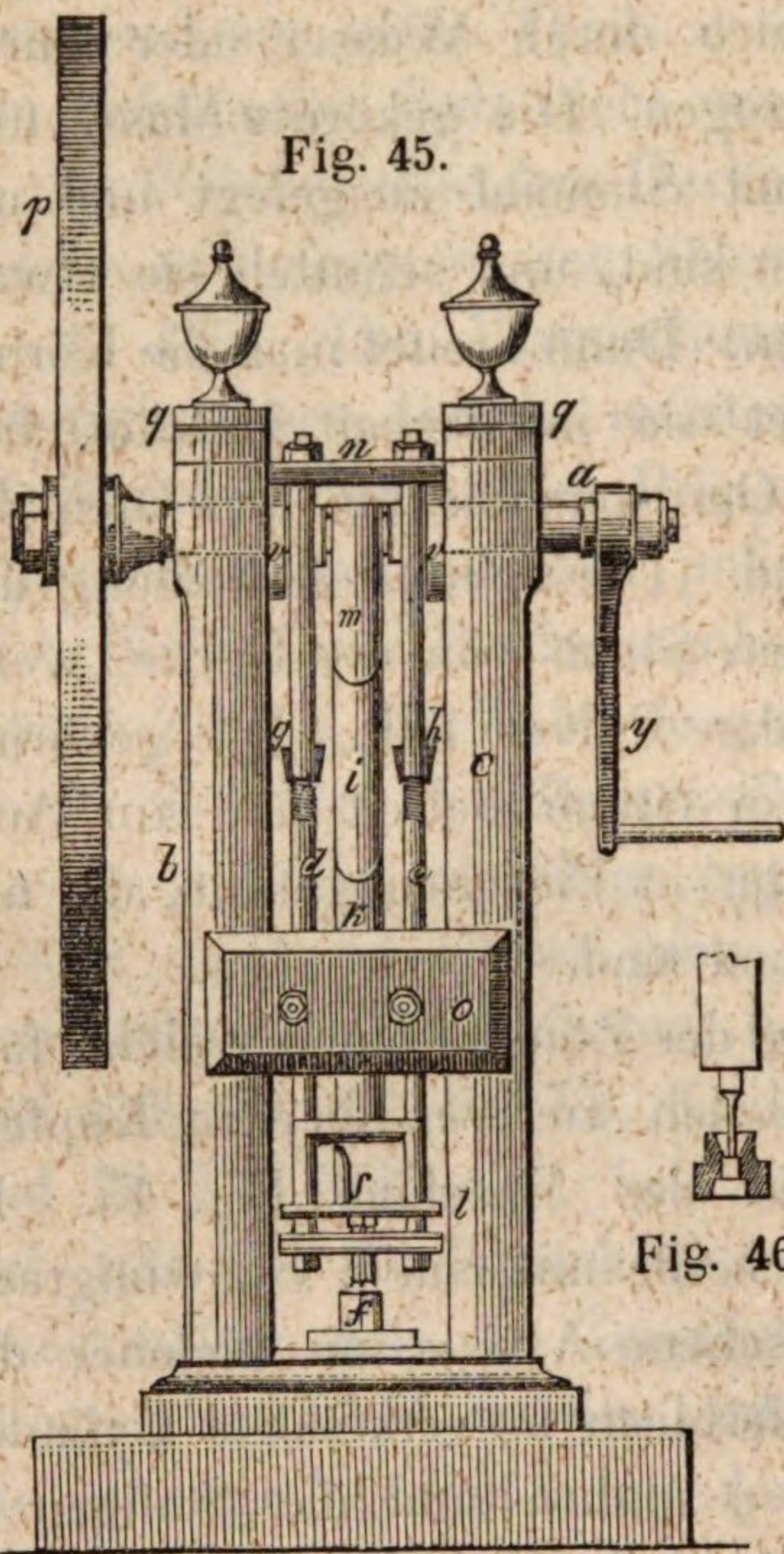


Fig. 45.



Fig. 46.

ausgeschnittenen Kupferplättchen in die Vertiefung der Matrizen hineinzustossen. In diesem Fall hat der Stempel die auf der Figur 46. gezeichnete Lage (aber umgekehrt). Die fertig gepressten Kupferhütchen entweichen durch den Gang *s* und das Spiel beginnt von Neuem. Es sind außerdem für die Regelung der Bewegung des Kupferblechs, während es sich zum Ausschneiden der Platten darbietet, eiserne Leisten angebracht, welche der Einfachheit der Zeichnung halber weggelassen sind.

Die auf diese Weise angefertigten Zündhütchen sind meist kleine, ein wenig

konische Cylinder ohne Rand, indessen haben auch einige Fabriken die Einrichtung getroffen, daß die Anfertigung mit umgebogenem Rand statt finden kann.

Das
Füllen der
Zündhütchen.

§. 183. Das Füllen der Zündhütchen mit dem gekörnten Pulver wird in Räumen und auf Tischen vorgenommen, die mit derselben Vorsicht wie oben (§. 181.) ausgekleidet sind. Man bringt nie mehr von dem Vorrath des Knallpulvers in das Füllungszimmer, als die für den augenblicklichen Bedarf nothwendige Quantität. Das Ausgießen der gekörnten Masse geschieht ausserhalb vor dem Magazin. Auf die in den Kupferhütchen gelegten Körner des Zündpulvers wird in manchen Fabriken ein kleines Kupferplättchen gelegt, welches

vermittelst des Stempels der Maschine fest auf die Zündmasse aufgedrückt wird. So geschieht es z. B. bei den Zündhütchen für die preussischen Militärgewehre. Andere Fabriken überkleiden das Zündkorn mit alkoholischen Auflösungen von Harzen, unter denen jedoch Sandarak und Schellack wegen der oxydirenden Einwirkung auf das Kupfer zu verwerfen sind; am zweckmässigsten wählt man eine Auflösung von Mastix in Terpenthinöl.

Zum Füllen bedient man sich zweier Instrumente, welche diese Operation zwar beschleunigen, aber nach der bisherigen Construction nicht ohne Gefahr für den Arbeiter sind. Das eine derselben ist eine durchlöchernte Kupferplatte (die Hand genannt), welche die gepressten Hütchen aufzunehmen bestimmt ist, das andere ein Trichter, der aus vier über einander gesetzten und mit einander communicirenden Stücken besteht. Die oberste Abtheilung ist ein ledernes Kästchen, ungefähr $\frac{2}{3}$ Pfund Knallpulver fassend, darunter liegen zwei durchlöchernte Kupferplatten, deren Löcher denen in der Hand befindlichen entsprechen, deren obere den Boden des Kästchens bildet und deren untere die Schieblade heisst. Das unterste Stück endlich ist eine viel dickere Kupferplatte, deren Löcher ebenfalls denen der Hand genau entsprechen und auf welcher die Schieblade in eingeschnittenen Längsgängen (Bahnen) hin und her gleitet; nach aussen hin hat diese Platte kleine Schnauzen, welche in die zu füllenden Hütchen bequem hineinpassen. In einer gewissen Stellung stehen die Löcher der Schieblade mit dem Boden des darüber liegenden Kästchens in Verbindung und füllen sich also mit Zündpulver, während die massiven Theile derselben die Löcher der untersten Platte verschliessen. Wird die gefüllte Schieblade um eine gewisse Grösse verschoben, so treten ihre Löcher mit denen der untersten Platte in Verbindung und das Zündpulver fällt durch diese in die Hütchen, während die massiven Theile der Schieblade die Löcher der obersten Platte verschliessen. So schnell diese Methode zur Füllung ist, so haben doch die durch Reibung der Schieb-

Apparat
zum Füllen.

lade entstehenden Entzündungen des Knallpräparats so oft Unglücksfälle herbeigeführt, daß man neuerdings den Fülltrichter und die Hütchen der unmittelbaren Handhabung durch die Arbeiter entzogen hat. Der Trichter und der ihn in Bewegung setzende Mechanismus sind hinter einem Schirm von Eisenblech angebracht, durch welchen hindurch zwei Hebel reichen, während ein zu verschiebender Falz die Hand mit den Hütchen aufnimmt. Ein Aufhalter bestimmt die genaue Lage des Falzes, wann die Hütchen unter den Schnauzen des Trichters sind, und die beiden Hebel dienen theils zum Heben oder Senken des ganzen Trichters, theils zur Bewegung der Schieblade. Die gefüllten Hütchen werden in ein Sieb geworfen, welches auf einem Dreifuß steht, der durch einen ledernen kegelförmigen Schlauch etwa verstäubte Theilchen des Knallpräparats in einen Zuber mit Wasser führt. Im Durchschnitt reicht die aus 2 Pfund Quecksilber dargestellte Quantität knallsauren Salzes, wenn sie mit $\frac{3}{5}$ Schießpulver vermischt wird, zur Füllung von 40000 Kupferhütchen für Militärgewehre aus, wobei auf jedes Hütchen $\frac{1}{4}$ Gran der Zündmasse kommt. Zur Füllung der Hütchen für Jagdgewehre ist weniger Zündmasse erforderlich.

Die fertigen Zündhütchen werden in Suhachteln verpackt und diese in mit losen Fellen ausgelegte Kisten, deren Deckel mit Leder oder Tuch ausgeschlagen sind.

Es ist zufolge der in England angestellten Versuche nicht mit bedeutenden Gefahren verbunden, wenn unter einer großen Menge Zündhütchen einige zur Explosion kommen, denn es werden von den übrigen, die nahe bei den explodirenden liegen, nur wenige oder gar keine mit in die Zersetzung hineingezogen. Wenn aber nur wenige Körner Schießpulver sich zwischen den Zündhütchen zerstreut finden, dann explodirt in der Regel die ganze Ladung.

Chemische
Untersuchung
auf Knall-
quecksilber.

§. 184. Bisweilen kommt es darauf an, die Anwesenheit des knallsauren Quecksilberoxyds unter andern Knallpräparaten zu entdecken. Man verfährt alsdann auf folgende Weise: das zu untersuchende Präparat wird mit Chlorwasser-

stoffsäure gekocht und, falls es zum Theil darin unlöslich ist, die Flüssigkeit abfiltrirt. Wenn alsdann in die verdünnte Lösung ein blankes Kupferblech gestellt wird, so überzieht sich dieses in kurzer oder längerer Zeit mit einem grauweißen Ueberzug metallischen Quecksilbers. Es ist dabei aber die Vorsicht zu beobachten, daßs bei gleichzeitiger Anwesenheit von Salpeter, wodurch Chlorentwicklung verursacht wird, diese nicht eine Auflösung des Kupfers verursache. In diesem Falle versetzt man die Flüssigkeit mit so viel Ammoniak, daßs sie nur noch schwach sauer bleibt.

Eine chemische Untersuchung des Knallquecksilbers auf seine Reinheit, um dadurch die erforderlichen Eigenschaften desselben festzustellen, ist begreiflicher Weise unnöthig, da die beste Probe die Prüfung auf seine Explosionsfähigkeit ist.

Will man aber die quantitative Zusammensetzung eines sehr bewährten Knallpräparats, in dem Knallquecksilber der Hauptbestandtheil ist, untersuchen, so sind alle die Regeln zu beobachten, welche die analytischen Lehrbücher für die Trennung der verschiedenen Stoffe vorschreiben und die für den vorliegenden Zweck hier keinen Platz finden können.

Die explosiven Präparate aus Cellulose und verwandten Verbindungen.

[Schiefsbaumwolle (Pyroxylin), Schiefspapier, Nitromannit und Knallzucker.]

§. 185. Obwohl nach den bisherigen Erfahrungen diese explodirenden Stoffe in der Artillerietechnik keine bedeutende Anwendung finden werden, so sind sie doch von hinlänglichem Interesse, um hier eine Berücksichtigung zu verdienen.

§. 186. Ehe die Darstellung und Eigenschaften jener Präparate auseinandergesetzt werden, ist es zweckmäfsig, die Structur der Pflanzensubstanz, die zu der Umwandlung in jene explosiven Körper dient, zu erläutern.

Structur
der
Baumwolle.

Die Baumwolle besteht aus einfachen langen, plattgedrückten, häufig um die Axe gedrehten Zellen, die ziemlich stark verdickt und sehr biegsam sind. Sie verhält sich gegen chemische Reagentien wesentlich wie reiner vegetabilischer Faserstoff (s. oben §. 34.), denn die fremden Substanzen, welche aufer der Cellulose noch in den Zellen der Baumwolle enthalten sind, betragen einen so geringen Antheil, dafs dieser die charakteristischen Erscheinungen, welche namentlich Jod und Schwefelsäure hervorbringen, nicht beeinträchtigt. Aehnlich ist es mit den Bastzellen, aus denen das feine Papier bereitet wird. Nur unterscheiden sich diese beim mikroskopischen Ansehen durch ihre Structur und ihre mehr verdickten Wände etwas von der Zelle des Baum-

wollenhaars (s. oben §. 30.). Beide haben dieselbe elementare Zusammensetzung (s. oben §. 32.) und zeichnen sich besonders durch die Eigenschaft aus, bei geeigneter Behandlung explodirende chemische Verbindungen zu liefern, welche, aus der Baumwolle dargestellt, Schiefsbaumwolle oder Pyroxylin, aus dem Papier gewonnen, Schiefspapier genannt werden.

§. 187. Die vortheilhafteste Darstellung der explosiven Cellulose ist nach den bisherigen Erfahrungen folgende: man vermischt gleiche Raumtheile concentrirter Schwefelsäure (von 1,75—1,8 spec. Gew.) und Salpetersäure (von 1,5 spec. Gew. oder rauchende) und taucht in das bis zur gewöhnlichen Lufttemperatur, besser bis $+5$ oder 6° C., abgekühlte Gemisch die Baumwolle oder das Papier so ein, daß sie von den Säuren ganz bedeckt sind. Es bedarf für kleinere Mengen nur die Einwirkung weniger Minuten, bei größeren Quantitäten aber muß das Verweilen in der Säuremischung wenigstens 15—20 Minuten statt haben. Eine längere Berührung mit den Säuren schadet zwar dem darzustellenden Präparat nichts und man kann ohne Nachtheil die Cellulose mehre Tage lang damit in Berührung lassen, sie bringt aber auch keinen Vortheil. Ist das Gemisch der Säuren ungefähr $35—40^{\circ}$ warm, so wird unter heftiger Entwicklung rother Dämpfe die Cellulose aufgelöst. Man kann dann zwar durch Zusatz von viel Wasser ein weißes Pulver mit explodirender Eigenschaft aus dieser Lösung fällen, aber es steht dem aus der ungelösten Cellulose erhaltenen an Wirkung bedeutend nach. Die eingetauchte Cellulose wird von dem Ueberschuß der anhängenden Säuren, welchen man in die ursprüngliche Mischung zurückfließen läßt, durch starkes Pressen zwischen Granitplatten oder starken Porzellanfliesen und dann von dem letzten Rest (der immer noch ungefähr das Sechsfache vom Gewicht der Baumwolle beträgt) durch Auswaschen in viel kaltem Wasser befreit. Hierbei ist die Vorsicht zu beobachten, daß die präparirte Substanz sogleich in eine große Menge Wasser untergetaucht werde und nicht an

Darstellung
der
explosiven
Cellulose.

einzelnen Stellen bloß mit wenig Wasser in Berührung komme, sonst wird durch die bei der Verbindung von Wasser mit den anhängenden Säuren entstandene Wärmeentwicklung die Cellulose zerstört und diese Zersetzung ist stets mit einer heftigen Entwicklung von erstickenden Dämpfen der salpetrigen Säure verbunden. Das Auswaschen wird mit erneuten Quantitäten Wasser so lange fortgesetzt, bis das letzte Waschwasser nicht mehr sauer reagirt. Das gewaschene Präparat zupft man auseinander, damit keine dickern durch Verfilzung der Fasern gebildeten Stellen bleiben und trocknet es am besten an einem luftigen Ort oder in langen Canälen, durch welche ein Strom von Luft geleitet wird, die über gebranntem Kalk getrocknet wird. In Bezug auf die Zubereitung der Baumwolle und des Papiers, ehe sie explosiv gemacht werden sollen, ist nur zu bemerken, daß man die Baumwolle frei von den mechanischen Unreinigkeiten (Bruchstücken der Samenkapseln u. dgl.) und wo möglich durch Alkalien von der geringen Menge Fett, die sie enthält, befreit anwendet und das Papier ungeleimt. Sonst ist es gleichgültig, ob die Baumwolle in der Gestalt eines Gewebes, wie das Papier es ist, oder die Bastzellen in der Gestalt loser Fasern, wie die Baumwolle sich darstellt, Anwendung finden.

Statt der Baumwolle und des Papiers kann man auch andere Pflanzenstoffe, die vorzugsweise aus Cellulose bestehen, explosiv machen, z. B. Werg, Holzspäne, Stroh u. dgl., diese liefern jedoch stets ein weniger gutes Präparat, weil sie mehr oder weniger theils unverbrennliche Stoffe, theils organische Verbindungen anderer Zusammensetzung als die Cellulose enthalten.

Anstatt der Salpetersäure kann man eine angemessene Menge Salpeter zu der Schwefelsäure hinzufügen und man erhält dann ebenfalls ein explosives Präparat, welches vorzugsweise zur Anfertigung der in Aether-Alkohol löslichen Schiefsbaumwolle (des Collodiums) sich eignen soll.

Eigenschaften
der

§. 188. Die Schiefsbaumwolle unterscheidet sich im äußern Ansehen, selbst unter dem Mikroskop, nicht von der

unveränderten Baumwolle, aber durch mehre andere Eigenschaften. Sie fühlt sich rauher an und hat an Elasticität verloren. Durch Schwefelsäure (3 Th. Wasser und 1 Th. Schwefelsäure) und Jod wird sie nicht mehr blau gefärbt, in fixen Alkalien löst sie sich, namentlich beim Erwärmen, leicht auf und wird dabei zersetzt; dasselbe geschieht in Salpetersäure von 1,45 spec. Gew., während rauchende Salpetersäure ohne Wirkung ist. In mäßig concentrirter Schwefelsäure löst sie sich ebenfalls auf, die Lösung entwickelt beim Erhitzen Stickoxyd und schwärzt sich zuletzt. Durch Behandlung mit kochender und concentrirter Lösung von Schwefelwasserstoff-Ammoniak zersetzt sie sich ebenfalls schnell ohne Veränderung ihrer Gestalt. Bei längerer Aufbewahrung erleidet die Schiefsbaumwolle eine freiwillige Zersetzung, welche zuweilen mit einer Selbstentzündung endigt; dabei entwickeln sich Wasserdämpfe und salpetrige Säure und der rückständige Theil enthält Ameisensäure. Diese Zersetzung tritt namentlich bei demjenigen Präparat ein, zu dessen Darstellung eine grössere Menge Schwefelsäure angewendet wird. Beim Trocknen in einem warmen Luftstrome beginnt die Zersetzung erst bei 100° und schreitet nur langsam fort, wenn die Schiefsbaumwolle zuvor im luftleeren Raum völlig getrocknet war, sie beginnt aber schon weit unter 100°, wenn das Präparat nicht ganz getrocknet war oder wenn der Luftstrom feucht ist. Im letztern Fall entwickeln sich viel Dämpfe von Salpetersäure, der Verlust steigert sich bis an 30 p. C., und wenn die Operation weiter fortgesetzt wird, endigt sie gewöhnlich mit einer Explosion. Die Angaben über die Temperatur, bei welcher die Schiefsbaumwolle sich entzündet, sind nicht übereinstimmend und die Verschiedenheiten mögen ihren Grund in dem durch verschiedene Bereitungsweisen nicht gleichem Präparat selbst haben. Einmal soll die Entzündung in einem trocknen Luftstrom von + 43° C. vorgekommen sein, häufig liefs sich bei 90°—100° ohne Gefahr trocknen. Die unheilvollen Explosionen aber in Faversham und le Bouchet, wo die Tempe-

Schiefs-
baumwolle.

ratur des Trockenraums nie über 45—50° sich steigern konnte, und die Explosion eines kleinen mit Schiefsbaumwolle gefüllten Magazins im Walde von Vincennes, welches an einem Tage stark von der Sonne beschienen wurde, machen die größte Vorsicht beim Trocknen und der Aufbewahrung rathsam und jedes Trocknen bei erhöhter Temperatur verwerflich. Ganz besonders scheint eine beim Trocknen in kurzer Zeit rasch gesteigerte Temperatur die Explosion selbst bei 50° zu bewirken; wenn aber die Temperatur im Gegentheil sehr langsam Grad für Grad in längern Zwischenräumen sich erhöht, kann man eine völlige Zersetzung des Präparats ohne Explosion bewerkstelligen.

Durch starken Schlag und Stofs entzündet sich die Schiefsbaumwolle ebenfalls und auch hierbei hat man ungleiche Erscheinungen beobachtet. Bisweilen soll nur der getroffene Theil explodiren, ohne die nebenliegenden Theile mit zu entzünden, andere Male ist auch der nicht getroffene Antheil mit in die Explosion hineingezogen. Ein gutes Präparat läßt nach der Verbrennung keine Spur von Rückstand und auf Schiefspulver (im körnigen Zustande) abgebrannt, entzündet es das Pulver nicht.

Die Neigung Feuchtigkeit aufzunehmen, ist bei der Schiefsbaumwolle so groß, daß sie in recht feuchter Umgebung (z. B. in Erde vergraben) 65 p. C. Wasser aufnimmt. Die Hygroskopie an der Luft steigert sich bedeutend, wenn das explosive Präparat schon in Selbstzersetzung begriffen ist. Man kann aber Schiefsbaumwolle lange unter Wasser aufbewahren, ohne daß sie, nachher getrocknet, ihre explosive Eigenschaft verloren hätte.

Zusammen-
setzung des
Pyroxyllins.

Die Versuche über die chemische Zusammensetzung der Schiefsbaumwolle haben sehr abweichende Resultate ergeben, und man konnte dieselben schon wegen der Ungleichheit des Präparats je nach verschiedener Bereitungsweise, aus der leichten Veränderlichkeit desselben bei erhöhter Temperatur und wegen der Schwierigkeiten, die sich der Untersuchung entgegenstellen, voraussehen. Die wahrschein-

lichste Zusammensetzung ist wohl $C^{12}H^7N^3O^{22}$, mit welcher die besten Analysen nahe übereinstimmen und darnach besteht die Schiefsbaumwolle in 100 Theilen aus

Kohlenstoff 24,2

Wasserstoff 2,7

Stickstoff 14,1

Sauerstoff 59,3

Sie hat sich aus der Cellulose gebildet, indem 3 Atome wasserfreie Salpetersäure sich mit 1 Atom Cellulose unter Ausscheidung von 3 Atomen Wasser vereinigten: $C^{12}H^{10}O^{10} + 3\ddot{N} - 3H = C^{12}H^7N^3O^{22}$. Darnach müßten 100 Theile Baumwolle, wenn sie in Pyroxylin umgewandelt werden, 180 Th. trocknes Präparat liefern. Man erhält in der Regel zwischen 169 und 178 Th., was bei einer Bereitung aus der gewöhnlichen Baumwolle (die nie ganz reine Cellulose ist) und bei der vielleicht nie vollständigen Umwandlung der Cellulose nicht Wunder nimmt.

Die Zersetzungsprodukte des entzündeten Pyroxylins sind im luftleeren Raum Kohlenoxyd, Kohlensäure, Stickoxyd, Wassergas, Kohlenwasserstoff und Stickstoff, im luft-erfüllten Raum mit Ausnahme von Kohlenwasserstoff und Stickstoff dieselben, aber außerdem bilden sich immer auch salpetrige Säure und Cyan und zwar von letzterem so viel, daß beim Schiessen in Kasematten schon nach wenigen Schüssen die Bedienungsmannschaft wegen thränender Augen abtreten mußte.

§. 189. Die hauptsächlichsten der bisher angeführten Eigenschaften besitzt auch das explosive Papier, nur unterscheidet es sich in seinem Aussehen wesentlich von dem gewöhnlichen Papier, indem es nach der Behandlung mit Salpeter-Schwefelsäure etwas durchscheinend geworden ist.

§. 190. Die außerordentlich schnelle und reichliche Gasentwicklung bei der Entzündung der explosiven Cellulose, deren vollständige Verbrennung ohne Rückstand und manche andere vortheilhafte Eigenschaften erweckten bald nach der Entdeckung dieser merkwürdigen Verbindung die

Unanwendbarkeit des Pyroxylins statt des Schießpulvers.

Hoffnung, dass man sich ihrer vielleicht statt des Schießpulvers mit Erfolg bedienen könnte, namentlich da der verhältnissmässig hohe Preis ihrer Darstellung durch die geringeren Quantitäten, welche man von ihr bedurfte, sich wieder minderte; denn nach einer grossen Anzahl von Versuchen konnte man annehmen, mit $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{5}$ vom Gewicht des Schießpulvers an Baumwolle dieselbe Wirkung hervorbringen zu können. Indess die vielfältigen Versuche, welche die Artillerien einiger Länder, namentlich Preussens und Frankreichs, veröffentlicht haben, sind gänzlich ungünstig für dieses Ersatzmittel des Schießpulvers ausgefallen. Die Hauptmängel, welche sich im Vergleich mit letzterem herausstellten, waren folgende:

1) eine grosse Ungleichmässigkeit in der Wirkung bei Versuchen am ballistischen Pendel und in Probemörsern. Eine Schießbaumwolle von derselben Bereitungsweise sprengte in den geringsten Quantitäten an dem einen Tage die Läufe der Gewehre, am andern wirkte sie nicht so explosiv, aber sehr ungleich, und es kamen Fälle vor, in denen die Kugel wenige Schritte vor dem Lauf niederfiel. Diese Ungleichmässigkeit hat ihren Grund sowohl in der Unsicherheit der Darstellung eines stets gleichen Produktes als auch in der Hygroskopie und der Selbstzersetzung desselben.

2) Die zerstörende Einwirkung auf die Geschütze und Gewehre ist so gross, dass neue Infanterie-Gewehre, die sonst 25—30000 Schüsse mit einer Ladung von 8—10 Grmm. Schießpulver aushielten, durch 500 Schüsse mit 2,86 Grmm. fast alle zersprengt wurden. Ein 12Pfünder, dessen gewöhnliche Ladung 2000 Grmm. Pulver beträgt, wurde mit Ladungen von 200, 300, 400—700 Grmm. Pyroxylin beschossen, während die der gewöhnlichen Pulverladung entsprechende Menge hätte 700 Grmm. sein sollen. Bei 400 Grmm. bekam die Kanone schon bedeutende Kugellager und nach 55 Schüssen mit Ladungen von 4—700 Grmm. war dieselbe völlig zu Grunde gerichtet. Ausser der mechanischen Zerstörung tritt auch eine chemische ein, welche die bei der Zersetzung frei

werdenden sauren Dämpfe bewirken. Nach jedem Schuss bringt der Wischer aus dem Geschütz etwas Metallsalz mit heraus und namentlich werden die Kleingewehre durch diese chemische Einwirkung heftig angegriffen.

3) In stark comprimirtem Zustand wirkt die Schiefsbaumwolle gar nicht; zu Raketen, Zündern u. dgl. müßte man daher immer noch Schiefspulver anwenden.

4) Die Anfertigung der Kartuschen und Patronen aus Schiefsbaumwolle geht überaus langsam von Statten, weil dieselbe nicht abgemessen werden kann, wie das Pulver.

5) Abgesehen von den bisher aufgezählten Mängeln, ist die zu leichte Entzündlichkeit des Pyroxylin allein schon hinreichend, um dasselbe von der Verwendung für das Kriegsheer völlig auszuschließen.

§. 191. Man hat den Vorschlag gemacht, die explosive Zündhütchen
aus
Pyroxylin. Cellulose in der Gestalt dichter Baumwollen-, Hanf- oder Leingewebe zur Anfertigung von Zündhütchen zu benutzen. Um die Zündung vermittelt dieses Präparats sicher zu bewerkstelligen, solle man mit demselben etwas Schiefspulver, oder Kohle oder Schwefel vermischen, oder das Gewebe mit chlorsaurem Kali tränken. Indessen die chemisch gefährlichen Zersetzungsprodukte würden auf das Metall, mit welchem sie in Berührung kommen, eine eben so zerstörende Wirkung äußern, wie die des Gemenges aus chlorsaurem Kali und Schwefelantimon (s. oben §. 158.) und überdies ist die Wirkung solcher aus Pyroxylin dargestellten Zündhütchen nach den bis jetzt angestellten Versuchen weder sicher noch kräftig genug.

§. 192. Zu den bisher angeführten Eigenschaften der Kollodium. Schiefsbaumwolle gehört noch eine andere sehr bemerkenswerthe, von welcher man jetzt häufig Anwendung macht. Das Pyroxylin löst sich nämlich in einem Gemisch aus Aether mit etwas Alkohol und scheidet sich beim Verdunsten dieser Lösungsmittel in Gestalt einer festen zusammenhängenden Haut aus, welche von Wasser weder gelöst noch selbst benetzt wird und an der Stelle, wo sie sich befindet, mit großer

Kraft haftet. Man wendet daher die Lösung der Schießbaumwolle als Klebstoff an und nennt sie in dieser Gestalt Kollodium. Es eignet sich dieser Klebstoff sehr gut auch zum luft- und wasserdichten Ueberzug über andere Körper, z. B. über Korke, die zum Verschluss chemischer Apparate dienen sollen u. dgl. Eine vollkommen zusammenhängende und luftdichte Platte von Kollodium kann so dünn dargestellt werden, dass sie die Farben der Newtonschen Ringe zeigt.

Die
explosiven
Präparate
aus Zucker
und Mannit.

§. 193. Wenn die der Cellulose in ihrer Zusammensetzung verwandten Substanzen, wie Stärke, die verschiedenen Zuckerarten und der Mannit, mit Schwefel- und Salpetersäure behandelt werden, so erhält man aus ihnen ebenfalls explosive Verbindungen, unter denen die des Mannits besondere Aufmerksamkeit verdient.

Mannit.

Der Mannit oder Mannazucker ist eine farblose krystallisirbare Substanz, welche vorzugsweise in dem Saft der Manna-Eschen, ausserdem auch in mehreren andern Vegetabilien sich findet. Sie hat einen süßen Geschmack, löst sich leicht in Wasser und Alkohol und besteht aus $C^{12}H^{14}O^{12}$.

Darstellung
des
Nitromannits.

Um den Mannit in die explosive Verbindung umzuwandeln, wird 1 Th. desselben in einer Reibschale mit ein wenig Salpetersäure von 1,5 spec. Gew. bis zur vollständigen Lösung gerieben. Dann setzt man etwas Schwefelsäure (englische) hinzu und hierauf abwechselnd wieder Salpetersäure und Schwefelsäure, bis $4\frac{1}{2}$ Th. Salpetersäure und $10\frac{1}{2}$ Th. Schwefelsäure verbraucht sind. Die breiartige Masse wird mit ihrem mehrfachen Volum Wasser verdünnt, wobei sich die neue Verbindung, der Nitromannit, unlöslich ausscheidet, und durch Filtration trennt man letztern von der Flüssigkeit. Der Nitromannit wird in siedendem Alkohol aufgelöst und aus der Lösung krystallisiren gelassen.

Eigenschaften
des
Nitromannits.

In dieser Weise dargestellt bildet der Nitromannit farblose, seidenglänzende Prismen, die in einander verfilzt eine ziemlich voluminöse Masse ausmachen. Er löst sich gar nicht in Wasser, wenig in kaltem, reichlich in kochendem Alkohol und Aether. In concentrirter Kalilauge wird er beim

Erwärmen gelöst und zersetzt unter rothbrauner Färbung. Concentrirte Schwefelsäure löst ihn reichlich und ohne Gasentwicklung. Beim vorsichtigen Erhitzen in einer Glasröhre schmilzt der Nitromannit unter Entwicklung von rothen Dämpfen, bei stärkerem Erhitzen verpufft er schwach mit derselben Erscheinung. Wird er mit einem Hammer auf einem Amboss geschlagen, so explodirt er mit heftigem Knall; ein schwaches Reiben bringt keine Explosion hervor. Bei längerer Aufbewahrung in verschlossenen Gefäßen erleidet er eine freiwillige Zersetzung. Die Zusammensetzung des Nitromannits ist $C^{12}H^8N^6O^{36}$ und er hat sich demnach gebildet aus 1 Atom Mannit und 6 Atomen Salpetersäure unter Ausscheidung von 6 Atomen Wasser ($C^{12}H^{14}O^{12} + 6\ddot{N} - 6H = C^{12}H^8N^6O^{36}$).

§. 194. Die gefahrlose und der Gesundheit nicht schädliche Darstellung des explosiven Mannits, die bei seiner Explosion entstehende Wärmeentwicklung, welche zur Entzündung von Schießpulver in Gewehren hinreicht und der geringere Preis desselben im Vergleich mit dem Knallquecksilber geben vor letzterem dem Nitromannit einen bedeutenden Vorzug und man hat schon Versuche angestellt, die Füllung der Zündhütchen mit diesem Präparat zu bewerkstelligen. Ob einst durch dasselbe das Knallquecksilber ganz verdrängt werden wird, müssen weitere Versuche lehren. Denn einerseits geht aus der Zusammensetzung hervor, daß nicht aller Sauerstoff bei seiner Zersetzung zur Oxydation des Kohlenstoffs und Wasserstoffs verbraucht werden kann, es wird also auch wahrscheinlich eine Oxydationsstufe des Stickstoffs entstehen und dann tritt derselbe Uebelstand wie bei dem Pyroxylin und dem Gemisch aus chlorsaurem Kali ein (s. oben §§. 158. 191.); andererseits ist die freiwillige Zersetzung, wenn ihr nicht auf irgend eine Weise Einhalt gethan werden kann, ein sehr gewichtiges Hinderniß für die Anwendung des Nitromannits.

Anwendung
des
Nitromannits
in Zünd-
hütchen.

§. 195. Durch Behandlung von fein gepulvertem Rohrzucker mit einem Gemisch aus 2 Th. englischer Schwefel-

Knallzucker.

Darstellung. säure und 1 Th. Salpetersäure von 1,5 spec. Gew. bei $+15^{\circ}\text{C}$. erhält man eine teigige Substanz von bitterem Geschmack, welche, aus einer alkoholischen Lösung durch Abdampfen zur Trockne ausgeschieden, die Durchsichtigkeit und Consistenz des Colophoniums besitzt. Sie ist in Wasser unlöslich, in Alkohol, Aether und flüchtigen Oelen löslich. Sie zeichnet sich durch Leichtentzündlichkeit aus und ist sehr explosiv. Angezündet verbrennt sie regelmässig und kann

Anwendung. nur sehr schwer wieder gelöscht werden. Man hat sie daher zu Bombenzündern und Rollschüssen anzuwenden versucht und ihre Auflösung in Alkohol empfiehlt sich zur Tränkung von Schießpulver und Feuerwerkssätzen, wenn letztere bei gesteigerter Leichtentzündlichkeit gegen Feuchtigkeit geschützt werden sollen.

Die chemische Analyse der zur Anfertigung hydraulischer Mörtel dienenden Materialien.

§. 196. Die immer weiter sich verbreitende Anwendung des Wasser-Mörtels hat an vielen Orten, welche weder durch das Vorkommen geeigneter Cemente (wie Trafs und Puzzuolane) noch durch die Ablagerung des innigen Gemenges von kohlensaurer Kalkerde mit Thon begünstigt sind, das Bedürfniß hervorgerufen, durch künstliche Mischungen der erforderlichen Bestandtheile hydraulische Mörtel anzufertigen. Obwohl nun im Allgemeinen die Principien für eine solche Anfertigung und die chemische Zusammensetzung der besten hydraulischen Mörtel bekannt sind (s. Abth. I., §§. 377 ff.), so mißlingen dennoch immer sehr viele Versuche dieser Art. Das Mißlingen mag theils in dem unrichtigen Hitzegrad beim Brennen, theils in der versäumten Innigkeit der Mischung, theils auch in andern technischen Fehlern seinen Grund haben, häufig aber auch in der vollkommenen Unkenntniß über die chemische Zusammensetzung der zu mischenden Substanzen. Es soll deßhalb zur Ermittlung der letzteren hier eine Anweisung gegeben werden.

§. 197. Die an der Erdoberfläche verbreitetsten Substanzen sind Thone und Kalke und am häufigsten sucht man aus diesen die Wasser-Mörtel darzustellen. An einigen Orten benutzt man andere Silicate, wie Hohofenschlacken

Materialien
zur
Darstellung
künstlicher
hydraulischer
Mörtel.

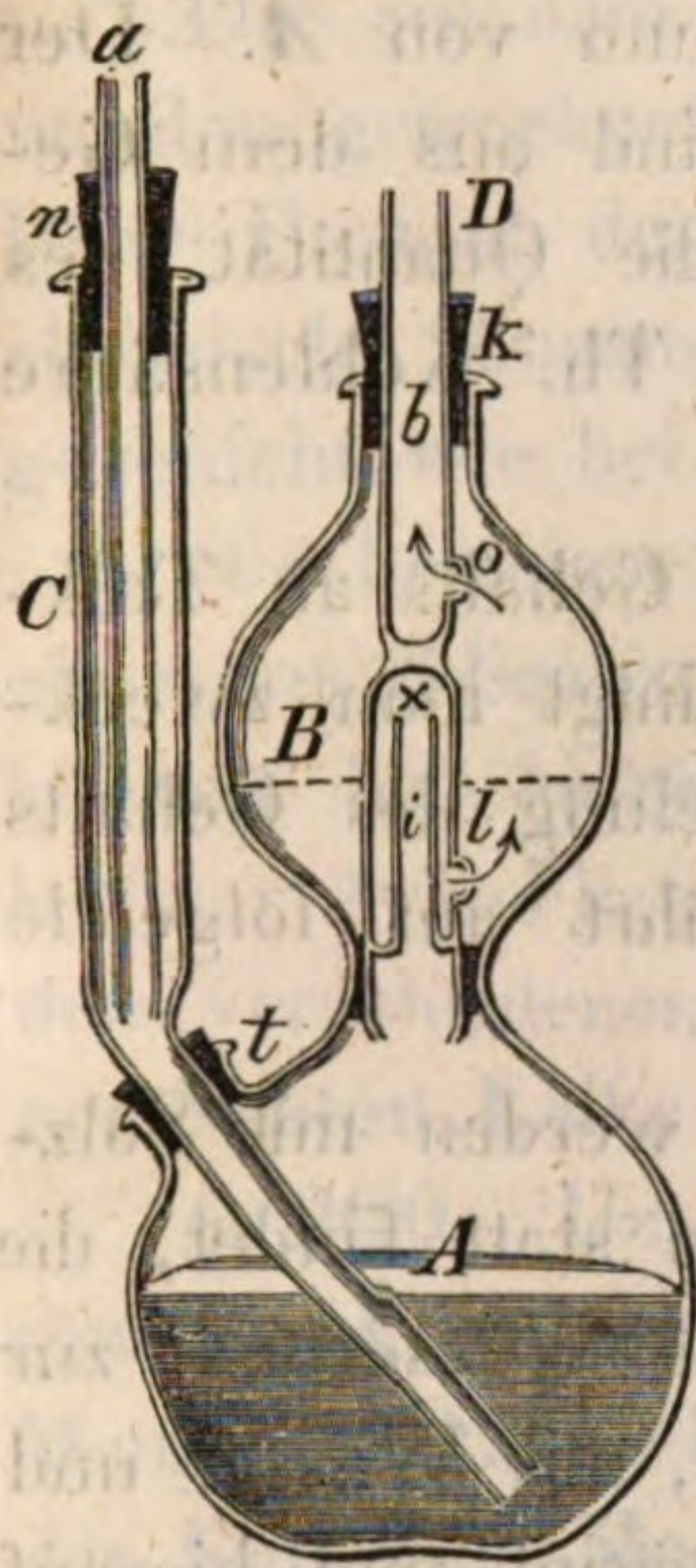
oder in der Natur vorkommende Gebirgsarten vulkanischer Entstehung. Die Kalke enthalten auſſer den hauptsächlichen Bestandtheilen in der Regel etwas Thon, Kieselerde, überhaupt in Säuren unlösliche Bestandtheile und die Thone meist etwas kohlensaure Erden und andere Metalloxyde, überhaupt in Säuren lösliche Bestandtheile, während die Silicate entweder durch Säuren zersetzbare oder nicht zersetzbare Verbindungen oder Gemische aus beiden sind. Die Kalke und Thone werden auf dieselbe Weise rücksichtlich der in ihnen enthaltenen löslichen und unlöslichen Stoffe untersucht und letztere unterliegen derselben Untersuchungsmethode wie die Silicate. Neben den in Säuren unlöslichen Bestandtheilen finden sich auch sowohl in den Kalken, als in den Thonen kieselsaure Salze, welche durch Säuren zersetzt werden und deren Kieselsäure sich dann in dem Zustande der Löslichkeit in Alkalien unter dem Rückstande befindet. Diese Kieselsäure, welche auch in den Thonen, jedoch in sehr geringen Mengen, im freien Zustande vorhanden ist, kann dann auf besondere Weise durch Behandlung der zu untersuchenden Masse mit kohlensauren Alkalien ermittelt werden, und gerade ihr Gehalt ist in der Puzzuolane, dem Trafs und ähnlichen Cementen von ganz besonderer Wichtigkeit.

Untersuchung
der Kalke.

§. 198. Neben dem hauptsächlichsten Bestandtheil der Kalke, der kohlensauren Kalkerde, finden sich in sehr vielen Kalken noch andere in Säuren lösliche Beimengungen, die für die Bildung der hydraulischen Mörtel nicht unwesentlich sind. Dahin gehört namentlich die Bittererde, die Oxyde des Mangans und Eisens, sämmtlich entweder als Oxydule auch an Kohlensäure gebunden, oder das Eisen als Oxydhydrat beigemischt. Durch eine vorläufige qualitative Probe, in welcher Eisenoxyd und Kalkerde gleichzeitig gefällt werden, überzeugt man sich von der ungefähren Menge der anwesenden Talkerde (s. oben §. 25. 2.), welche, wenn sie unbedeutend ist, bei der nachfolgenden Untersuchung nicht besonders quantitativ bestimmt zu werden braucht. Um nun

den Gehalt der kohlensauren Kalkerde nahezu schnell zu ermitteln, verfährt man auf folgende Weise: eine abgewogene Menge des bei 100° getrockneten Kalks (ungefähr 2 Grmm.) werden durch den Tubulus *t* (Fig. 47.) in den

Fig. 47.



untern Theil *A* des Apparats geschüttet und hier mit so viel Wasser übergossen, daß dasselbe den Apparat beinahe zur Hälfte füllt. Der obere Theil *B*, welcher von *A* durch ein eingesmirgeltes Glasrohr *D* geschieden ist, wird, indem man den Kork *k* bis zum Rand von *D* in die Höhe schiebt, mit concentrirter Schwefelsäure bis zur punktirten Linie gefüllt, dann *k* wieder in seine frühere Stellung heruntergedrückt. Das Rohr *D* besteht aus zwei von einander abgesonderten Theilen *x* und *b*, von denen *x* durch *i* mit *A* und *b* mit der äußern Luft in Verbindung stehen. Das Rohr *C*, welches durch das an beiden Enden offene ein-

gesmirgelte Glasrohr *a* von *A* abgeschlossen ist, füllt man mit reiner Salzsäure ziemlich voll, verschließt es durch den Kork *n* und befestigt es dann mittelst eines Korkes in dem Tubulus *t*. So vorgerichtet wird der ganze Apparat gewogen. Nun lüftet man zunächst durch Andrücken und langsames in die Höhe Ziehen von *n* das Rohr *a* und läßt ein wenig Salzsäure in den Apparat treten. Die entweichende Kohlensäure muß durch das Rohr *i* und die Oeffnung *l* durch die Schwefelsäure gehen, wodurch sie getrocknet wird, und tritt durch *o* und *b* aus dem Apparat. Das Zufließenlassen der Salzsäure wiederholt man so lange, als bei der Berührung derselben mit dem Kalke noch Kohlensäure entweicht und zuletzt unterstützt man die Einwirkung durch Wärme. Hierbei ist die Vorsichtsmaafsregel zu beobachten, daß man, ehe eine Temperaturerniedrigung des Apparats eintritt, an dem Rohre *D* zu saugen beginnt und dieses Durchziehen von Luft so

lange fortsetzt, bis der Apparat zur gewöhnlichen Temperatur erkaltet ist, oder noch länger, wenn his dahin der säuerliche Geschmack der Kohlensäure noch nicht verschwunden ist. Man verhütet dadurch ein Zurücksteigen der Schwefelsäure aus *B* in *A* und die Entfernung der Kohlensäure aus der Flüssigkeit und dem mit ihr erfüllten Raum von *A*. Der erkaltete Apparat wird alsdann gewogen und aus dem Gewichtsverlust — der Kohlensäure — die Quantität des kohlensauren Kalks berechnet, für je 1 Th. Kohlensäure $2\frac{3}{11}$ Th. kohlensaure Kalkerde.

§. 199. Wenn wegen eines größern Gehalts an Talkerde diese bestimmt werden soll, so vereinigt man zweckmäfsig mit diesem Versuche die Ermittlung des Gehalts an unlöslichen Bestandtheilen und verfährt auf folgende Weise:

Ungefähr 3—4 Grmm. der Substanz werden mit Salzsäure erwärmt, so lange noch Aufbrausen statt findet, die Lösung sammt dem Rückstand wird im Wasserbad zur Trockne verdampft, bis 120° erhitzt, dann, mit Wasser und etwas Salzsäure übergossen, gelinde erwärmt und hierauf filtrirt. Der Rückstand auf dem Filtro ausgewaschen, getrocknet und gewogen, wird wie die Silicate (s. weiter unten) behandelt. Durch das Filtrat leitet man eine kurze Zeit hindurch einen Strom Chlorgas, damit die Oxydule des Eisens und Mangans in Oxyde sich verwandeln und versetzt dann die Lösung zuerst mit Ueberschufs von Ammoniak, wodurch Eisen- und Manganoxyd gefällt werden, und hierauf, ohne abzufiltriren, mit oxalsaurem Ammoniak, wodurch der Kalk ausgeschieden wird. Aus dem Filtrat von diesem Niederschlag wird alsdann auf die früher beschriebene Art (oben p. 21.) die Talkerde ausgeschieden. Aus der Menge erhaltener Magnesia kann, indem man die damit verbundene Kohlensäuremenge berechnet, die in dem vorigen Versuche aus der entwichenen Kohlensäure berechnete Kalkerde corrigirt werden.

Sind die Oxyde des Eisens und Mangans in beträchtlicher Quantität gefällt, so kann man diese auch für sich ihrer Menge nach bestimmen, indem man sie durch Filtration abscheidet, auswäscht, schwach glüht, und das Gesammte, als Eisenoxyd betrachtet, berechnet.

Die auf dem Filtro gebliebenen unlöslichen Bestandtheile werden getrocknet (bei 100°) und gewogen. Wenn sie ein Paar Prozent der Masse übersteigen, müssen sie auf ihre chemische Zusammensetzung untersucht werden und dies geschieht wie bei dem Rückstand der Thone.

Sie bestehen nicht selten blos aus Kieselerde, häufiger aber aus Silicaten von Thonerde und andern Oxyden und können bei hinreichender Menge, inniger Mischung und leichter Aufschliefsbarkeit (s. Ahth. I. §. 380.), wie z. B. in den verschiedenen Mergelarten, allein schon die mit ihnen gemischten Kalke zu Wassermörteln geeignet machen.

§. 200. Die Thone, deren Hauptbestandtheile Kieselsäure und Thonerde sind, enthalten außerdem noch geringe Mengen Alkalien in Verbindung und meist kohlensaure Salze der Kalkerde, Magnesia und des Eisen- und Manganoxyduls und Eisenoxydhydrat als Beimengungen. Man behandelt sie auf folgende Weise: zuerst werden die beigemengten kohlensauren Salze ermittelt und dies geschieht auf die oben (§. 198.) angeführte Weise aus dem Kohlensäure-Verlust. Aus der abfiltrirten salzsauren Lösung kann man nach der früher angegebenen Methode die Quantitäten der verschiedenen Basen für sich bestimmen; meist wird dies aber nicht nöthig sein, weil jene kohlensauren Beimengungen in den eigentlichen Thonen fast immer nur gering sind und ihre Oxyde gleich gut zur Aufschliefsung der Kieselsäure beim Glühen des Thons mitwirken.

Untersuchung
der Thone.

Der unlösliche Rückstand wird nach dem Auswaschen, Trocknen und Wägen in einer Platinschale mit dem 8 bis 10fachen Gewicht destillirter Schwefelsäure übergossen und unter einem Schornstein die Masse anfangs ein wenig unter dem Kochpunkt der Schwefelsäure eine Zeitlang erhitzt,

dann so lange, bis der Ueberschuß der Schwefelsäure fast vollkommen verdampft ist. Um Verlust durch Sprützen zu vermeiden, ist es gut, die Operation in einer kleinen Platinschale vorzunehmen, welche in einer größern steht, und über die kleinere ein Platinblech lose über zu decken. Die trockne Masse übergießt man mit etwas Salzsäure, erwärmt gelinde, verdünnt darauf mit Wasser, erhitzt wiederum, filtrirt die Lösung, und wäscht den Rückstand (a) völlig aus. Letzterer wird vom Filtro genommen und mit einer verdünnten Lösung von Natron und kohlensaurem Natron gekocht. Löst er sich ganz auf, so bestand er nur aus Kieselerde; man scheidet dann diese durch Salzsäure aus der Lösung wieder aus, dampft zur Trockne, löst in Wasser und etwas Salzsäure wieder auf und ermittelt die Kieselsäure nach dem Auswaschen, Trocknen und Glühen ihrem Gewicht nach. Löst der Rückstand (a) sich nicht ganz auf, so filtrirt man, scheidet aus dem Filtrat auf die eben angegebene Weise die gelöste Kieselsäure aus und untersucht den auf dem Filtro gebliebenen Rückstand (b) besonders. Er besteht entweder nur aus Kieselerde der unlöslichen Modification oder aus ihr und andern durch Schwefelsäure unzersetzbaren Silicaten. Man schmilzt ihn im Silbertiegel mit Baryterdehydrat (die 4—5fache Gewichtsmenge desselben), übergießt in einem geräumigen Glase die geschmolzene Masse mit Wasser und nach und nach mit verdünnter Salzsäure. Dabei scheidet sich gallertartige Kieselsäure aus, welche, nachdem die Lösung mit ihr zur Trockne gedampft ist, nach der mehrfach angegebenen Methode getrennt und bestimmt wird. Aus der barythaltigen Lösung scheidet man zunächst durch Schwefelsäure alle Baryterde aus und bestimmt in dem Filtrat, nachdem durch Ammoniak Thonerde und Eisenoxyd und durch Oxalsäure die Kalkerde abgeschieden sind, den übrigen Rückstand an schwefelsauren Salzen nach vorherigem Glühen dem Gewichte nach. Er kann nur aus schwefelsauren Salzen der Magnesia, des Kali's und Natrons bestehen. Ist er von Belang und sollen

seine Bestandtheile besonders erkannt werden, so verfährt man mit ihm wie folgt: die Magnesia wird in der wässerigen Lösung nach der gewöhnlichen Art als phosphorsaure Ammoniak-Magnesia bestimmt, und aus der hierauf mit Salzsäure angesäuerten Lösung der Gehalt an Schwefelsäure durch ein Barytsalz ausgemittelt. Aus der erhaltenen Menge Magnesia wird die mit ihr verbundene Menge Schwefelsäure berechnet und diese von der Gesamtmenge der an Baryt gebundenen Schwefelsäure abgezogen. Man kennt alsdann das Gewicht der schwefelsauren Alkalien zusammen und das Gewicht der darin enthaltenen Schwefelsäure. Aus diesen Thatsachen läßt sich der Gehalt an Kali und Natron berechnen nach den Formeln

$$N = \frac{Na [(K + \ddot{S}) s - \ddot{S} a]}{\ddot{S} (K - Na)} = 0,4897. (87,1 s - 40 a)$$

und $K = a - s - N$,

in denen N die zu suchende Menge Natron, K die zu suchende Menge Kali, Na, K und $\ddot{S}$ die Atomzahlen für 1 Atomgewicht jener Körper (und zwar $Na = 31,1$, $K = 47,1$, $\ddot{S} = 40$), a das Gesamtgewicht der schwefelsauren Alkalien und s die Summe der an beide Alkalien gebundenen Schwefelsäure bedeuten.

Ist keine Magnesia vorhanden, so kann man aus dem Gesamtgewicht der schwefelsauren Alkalien die letztere sogleich nach vorstehender Formel berechnen, sobald die in ihnen enthaltene Schwefelsäure ermittelt ist.

Findet sich nach der Gewichtsbestimmung der Kieselsäure, daß die ganze Menge des Rückstandes nur noch geringe Spuren von andern Bestandtheilen enthielt, so unterläßt man die quantitative Ermittlung.

§. 201. Aus der vom Rückstand (a) getrennten Lösung, welche die schwefelsauren Salze des zersetzten Thons enthält, werden auf die übliche Weise Thonerde und Eisenoxyd durch Ammoniak gefällt und zusammen gewogen, Kalkerde durch Oxalsäure und mit den übrigen schwefelsauren Salzen der Magnesia und der Alkalien verfährt man wie vorher ange-

geben ist, wenn sie überhaupt wegen ihrer Menge der Berücksichtigung werth sind.

Wenn in einem Thon blos die Quantität Kieselsäure und Thonerde gefunden werden sollen, kann man ein kürzeres Verfahren anwenden. Man schmilzt den Thon mit seinem 3—4fachen Gewicht kohlensauren Natrons in einem Platintiegel so lange als kein Aufbrausen mehr statt findet, zersetzt die Masse mit überschüssiger Salzsäure, dampft zur Trockne, erhitzt bis ungefähr 130° und filtrirt die Lösung von der Kieselsäure ab. Letztere wird getrocknet und mit dem Filtrum geglüht und gewogen; aus der Lösung scheidet man durch Ammoniak die Thonerde sammt dem Eisenoxyd aus. Es können aus dieser Lösung auch noch die Kalkerde und Magnesia, aber natürlich nicht die Alkalien bestimmt werden.

Analyse
anderer
Silicate.

§. 202. Die andern Silicate, welche an Stelle der Thone (durch Aufschliessen mit Kalk) als Cemente gebraucht werden sollen, können selten durch Schwefelsäure zersetzt werden, meist muß man sie durch Schmelzen mit kohlensaurem Natron zerlegen und, wenn in ihnen Alkalien zu bestimmen sind, durch Baryterdehydrat. Ist man im Besitz eines Apparats zur Fluorwasserstoffdarstellung (Abth. I, §. 211.), so kann man jene Silicate auch durch Fluorwasserstoff bequem zerlegen. Man schüttet nämlich in die Retorte die nöthige Menge Flußspath und Schwefelsäure und hängt über dieses Gemisch das zu untersuchende fein pulverisirte (wenn nöthig, geschlämmte) Silicat, welches sich in einer Platinschale mit ein wenig Wasser übergossen befindet. Die Platindrähte, in welchen die Platinschale hängt, werden beim Aufsetzen des Deckels vom Bleigefäß in die Rinne eingeklemmt. Man erwärmt die Mischung in der Retorte sehr gelinde lange Zeit hindurch, wobei Kieselsäure als Fluorkieselgas entweicht und zersetzt die rückständigen Fluor-metalle durch Schwefelsäure. Die Trennung der in dieser Säure gelösten Basen von einander ist alsdann dieselbe wie sie schon mehrmals angeführt ist.

§. 203. Wenn man diejenigen Silicate zu untersuchen hat, welche ohne vorheriges Glühen mit Kalk schon die Kieselsäure im verbindungsfähigen Zustande enthalten, wie z. B. Trafs, Puzzuolane und ähnliche Mineralien; so kann man am besten auf folgende Weise verfahren: Die fein gepulverte Substanz wird mit einer nicht zu starken Lösung von Natronhydrat (von ungefähr 1,08 spec Gew.) einmal aufgekocht, wobei die freie Kieselsäure sich löst. Der dabei bleibende Rückstand wird nach dem Auswaschen mit Salzsäure gekocht, wobei sich Kieselsäure gallertartig ausscheidet, zur Trockne verdampft und damit, wie p. 200. beschrieben, zur Abscheidung der Kieselerde verfahren. Aus der Lösung werden alsdann nach den angegebenen Methoden die verschiedenen Oxyde ausgefällt. Sollte die abgeschiedene Kieselsäure nicht ganz löslich in kohlensaurem Natron sein, so enthält sie noch ein durch Salzsäure nicht zersetztes Mineral und man muß dieses dann entweder durch Fluorwasserstoff oder Baryterdehydrat, oder (wenn keine Alkalien anwesend sind) durch kohlensaures Natron aufschließen.

Untersuchung
von Trafs,
Puzzuolane
u. dgl.

§. 204. Die bisher aus einander gesetzten Methoden enthalten zugleich das bei der Untersuchung eines hydraulischen Mörtels einzuschlagende Verfahren, mag er aus den gehörig vorbereiteten Materialien bestehen, wie sie Handelsgegenstand sind (Roman-Cement, Portland-Cement) oder mag er schon unter Wasser erhärtet sein. In beiden Fällen enthält der hydraulische Kalk kohlensaure Salze und man kann diese auf die oben (§. 194.) angegebene Weise ermitteln, muß jedoch hierbei eine Vorsichtsmaßregel anwenden. Das gebrannte Material der hydraulischen Mörtel und demnach auch der daraus bereite Mörtel enthält nämlich meist beträchtliche Mengen Manganoxyd, welche durch die Behandlung mit Salzsäure Anlaß zu Chlorentwicklung geben, also einen größern, als bloß Kohlensäure - Verlust verursachen. Man muß daher die Salzsäure zuvor mit einer Lösung von Eisenchlorür versetzen, damit das freie Chlor in der Flüssigkeit bleibe. Das weitere Verfahren bei der Untersuchung

Untersuchung
fertiger
hydraulischer
Mörtel.

der Mörtel besteht in der Abscheidung der Kieselsäure, Untersuchung derselben auf ihre Reinheit durch Lösung in kohlensaurem Alkali, etwaiger Aufschliessung noch anwesender unlöslicher Kieselsäure oder Silicate und Trennung der verschiedenen Basen aus der salzsauren Lösung, wobei Eisenoxyd und Thonerde zusammen bestimmt und die Alkalien aus den schwefelsauren Salzen berechnet werden können — Alles, wie es im Verlauf der letzten §§. auseinandergesetzt ist.

R e g i s t e r.

Anmerk. Die arabischen Zahlen bedeuten die Seite, und zwar die der I. Abtheilung, sofern nicht eine II vor ihnen steht.

A.

Abdampfen 27.
 Abkühlung der Flammen 71. 73.
 Absorption der Gase 61.
 Abstechen, Metall, 240.
 Abstrich 311.
 Aceton 315.
 Achat 96.
 Adler, doppelter 302.
 Adouciren 244.
 Aequivalent: Atom 24.
 Aequivalente 7. 8.
 Aequivalentgewicht 10.
 Aequivalentgewichte 379.
 Aër mephiticus 29.
 Aetznatron 162.
 Aetzstein 143.
 Affinität s. Verwandtschaftskraft.
 Alabaster 196.
 Alabasterglas 220.
 Alaune 205. 207. 208.
 Alaunerde 206.
 Alaunerz 206.
 Alaunschiefer 206.
 Alaunstein 207.
 Albit 161. 209.
 Alkali, flüchtiges 139.
 —, mineralisches 139.
 —, vegetabilisches 139.
 Alkalien 138. 139.
 —, ätzende (kaustische) 139.
 —, feuerbeständige 129.
 Alkalimetrie 150. 168.
 Alkarazzas 227.
 Alkohol, Zerlegung dess. 63. 336.

Aluminate 205.
 Aluminit 205.
 Aluminium 203.
 Amalgamation 323.
 Amalgame 124. 353.
 Amalgamirsilber 325.
 Ameisensäure 112.
 Amethyst 96.
 Ammoniak 34.
 —, chlorsaures 178.
 —, cyansaures 179.
 —, kohlensaures 176.
 —, kohlensaures, zweifach 177.
 —, phosphorsaures Natron- 178.
 —, salpetersaures 178.
 —, schwefelsaures 178.
 Ammoniakflüssigkeit 175.
 Ammoniaksalze 174 fl.
 Ammonium 174.
 Ammoniumsulphhydrat 181.
 Amorphie 11.
 Amphidsalze 127.
 Anatas 377.
 Anhydrit 196.
 Anthrazit 54. 59.
 Antichlor 165.
 Antimon 358.
 —, Legirung desselben 366.
 Antimon. crudum 364.
 Antimonblüthe 359.
 Antimonchlorid 363.
 Antimonigsaure Salze 360.
 Antimonoxyd 359.
 —, antimonsaures 362.
 —, weinsaures Kali- 361.
 Antimonsäure 359.

Antimonsalze 360.
 Antimonsulphid 365.
 Antimonsulphür 363.
 Antimonsuperchlorid 363.
 Antimonwasserstoff 365.
 Aquamarin 211.
 Argentan 281.
 Arquerit 354.
 Arragonit 195.
 Arsen, Legirung desselben 373.
 Arsenige Säure 367.
 Arsenik 366.
 —, Eigenschaften 367.
 Arsenikalkies 367.
 Arsenikglas 368.
 —, gelbes 372.
 —, rothes 371.
 Arsenikkies 367.
 Arsenikmehl 368.
 Arseniknickel 280.
 Arsenikrubin 371.
 Arseniksäure 369.
 Arsenikwasserstoff 372.
 Arsensalze 369.
 Arsensulphid 372.
 Arsensulphür 371.
 Arsensuperchlorür 371.
 Arsensupersulphid 372.
 Asche II, 33.
 Aspirator II, 45.
 Atakamit 305.
 Atom, Ableitung des Worts 9.
 —, Verh. desselb. zu Volum 23.
 Atomgewicht 10.
 Atomgewichtszahlen 379 ff.
 Atomtheorie 9.
 Augit 199.
 Auripigment 371.

B.

Backsteine 228.
 Barilla 166.
 Barium 181.
 Bariumsuperoxyd 182.
 Baryterde 182.
 —, kohlen-saure 183.
 —, salpeters. 183. II, 161. 166.
 —, schwefelsaure 183.
 Baumwolle, Structur ders. II, 184.
 Bausteine 194.
 Beinglas 220.
 Bergkrystall 96.
 Berlinerblau 270.

Beryllium 211.
 Beryllerde 211.
 —, kiesel-saure 211.
 Beschickung 238.
 Bittererde 200.
 Bittersalz 201.
 Bitterspath 202.
 Bitterwässer 163.
 Blanc de Fard 356.
 — — Perle 356.
 Blanquette 166.
 Blattgold 331.
 —, unächtes 307.
 Blattsilber 325.
 —, unächtes 292.
 Blau, Berg- 303.
 —, berliner- 270.
 —, Bremer- 301.
 —, Pariser- 271.
 —, Thénard's- 278.
 Blausäure 111.
 Blech 254.
 Blei 308.
 —, Anwendung desselben 320.
 —, Eigenschaften desselben 312.
 —, Entsilbern desselben 310.
 —, Legirungen desselben 320.
 Blei in Bronze II, 148.
 Bleiasche 312.
 Bleibaum 314.
 Bleierz, Braun- 319.
 —, Grün- 319.
 —, Vitriol- 315.
 —, Weiss- 316.
 Bleiessig 315.
 Bleiglätte s. Glätte.
 Bleiglanz 319.
 Bleioxyd 313.
 —, antimonsaures 363.
 —, bleisaures 314.
 —, chromsaures 343.
 —, essigsaures 315.
 —, kohlen-saures 316.
 —, molybdänsaures 376.
 —, phosphorsaures 319.
 —, salpetersaures 314.
 —, schwefelsaures 315.
 —, vanadinsaures 376.
 Bleipflaster 313.
 Bleisäure 313.
 Bleisalze 314.
 Bleistein 309.
 Bleisuboxyd 312.
 Bleisulphuret 319.

Bleisuperoxyd 313.
 Bleivitriol 315.
 Bleiweiß 316.
 —, Eigenschaften 318.
 —, Prüfung desselben 318.
 Bleizucker 315.
 Blende 284.
 Blockzinn 287.
 Blutlaugensalz 269.
 Blutstein 264.
 Bohnerz 237.
 Bologneser Fläschchen 218.
 Bor 54.
 Borax 169.
 Borsäure 97.
 Brandsätze II, 162.
 Brauneisenstein 236.
 Braunit 231.
 Braunkohle 55. 60.
 Braunstein 231.
 Braunsteinprobe 232.
 Brechweinstein 361.
 Breih trommel II, 58.
 Brennstahl 256.
 Britannia metal 366.
 Brom 49. 50.
 Brommagnesium 203.
 Bromsäure 95.
 Bromwasserstoff 108.
 Bronze 307.
 —, harte 308.
 —, zu Geschütz II, 112.
 Bronzegeschütz, Bestandth. II, 115.
 Bronzegeschützmetall, Analyse desselben II, 143.
 Brookit 377.
 Brucit 201.
 Bruniren 263.
 Brunnenwasser 28.
 Buntkupfererz 305.

C.

Cadmium 285.
 Cadmiumoxyd 285.
 Cadmiumsalze 285.
 Calcium 185.
 Calciumsalze 195.
 Calomel 350.
 Canton's Phosphor 200.
 Caput mortuum 264.
 Cassius' Purpur 333.
 Cellulose, Eigensch. ders. II, 31.
 —, Zusammensetzung ders. II, 30.

Cellulose, explosive II, 184.
 Cement 192. II, 203.
 —, römischer 191.
 Cementirpulver 257.
 Cementkupfer 298.
 Cementstahl 257.
 Cer 229.
 Cerit 229.
 Chalcedon 96.
 Chalkolith 374.
 Chamaeleon miner. 233.
 Charbon roux II, 37.
 Charmotte 223.
 Chemie, Aufgabe derselben 1.
 —, Ableitung des Namens 1.
 —, Verhalten der — zu andern Naturwissenschaften 1.
 Chilispeter 163.
 Chlor, Darstellung 46.
 —, Eigenschaften 47.
 —, Vorkommen 46.
 Chlorammonium 179.
 Chlorbarium 184.
 Chlorblei 319.
 Chlorcalcium 199.
 Chlorgold 332.
 Chlorige Säure 93.
 Chlorkalium 158.
 Chlorkalischwefel II, 159.
 Chlorkalk 197. 198.
 Chlormagnesium 202.
 Chlornatrium 170.
 Chlorometrie 199.
 Chlorphosphor 49.
 Chlorplatin 337.
 Chlorsäure 93.
 Chlorschwefel 49.
 Chlorselen 49.
 Chlorsilber 327.
 Chlorstickstoff 48.
 Chlorstrontium 185.
 Chlorverbindungen, Bezeichnung derselben 48.
 Chlorwasserstoff 105.
 Chlorwismuth 356.
 Chlorzink 284.
 Chrom 340.
 Chromalaune 342.
 Chromchlorid 343.
 Chromchlorür 343.
 Chromeisenstein 340. 342.
 Chromgelb 343.
 Chromoxyd 340.
 — -Eisenoxydul 342.

Antimonsalze 360.
 Antimonsulphid 365.
 Antimonsulphür 363.
 Antimonsuperchlorid 363.
 Antimonwasserstoff 365.
 Aquamarin 211.
 Argentan 281.
 Arquerit 354.
 Arragonit 195.
 Arsen, Legirung desselben 373.
 Arsenige Säure 367.
 Arsenik 366.
 —, Eigenschaften 367.
 Arsenikalkies 367.
 Arsenikglas 368.
 —, gelbes 372.
 —, rothes 371.
 Arsenikkies 367.
 Arsenikmehl 368.
 Arseniknickel 280.
 Arsenikrubin 371.
 Arseniksäure 369.
 Arsenikwasserstoff 372.
 Arsensalze 369.
 Arsensulphid 372.
 Arsensulphür 371.
 Arsensuperchlorür 371.
 Arsensupersulphid 372.
 Asche II, 33.
 Aspirator II, 45.
 Atakamit 305.
 Atom, Ableitung des Worts 9.
 —, Verh. desselb. zu Volum 23.
 Atomgewicht 10.
 Atomgewichtszahlen 379 ff.
 Atomtheorie 9.
 Augit 199.
 Auripigment 371.

B.

Backsteine 228.
 Barilla 166.
 Barium 181.
 Bariumsuperoxyd 182.
 Baryterde 182.
 —, kohlenaure 183.
 —, salpeters. 183. II, 161. 166.
 —, schwefelsaure 183.
 Baumwolle, Structur ders. II, 184.
 Bausteine 194.
 Beinglas 220.
 Bergkrystall 96.
 Berlinerblau 270.

Beryllium 211.
 Beryllerde 211.
 —, kieselensaure 211.
 Beschickung 238.
 Bittererde 200.
 Bittersalz 201.
 Bitterspath 202.
 Bitterwässer 163.
 Blanc de Fard 356.
 — — Perle 356.
 Blanquette 166.
 Blattgold 331.
 —, unächtes 307.
 Blattsilber 325.
 —, unächtes 292.
 Blau, Berg- 303.
 —, berliner- 270.
 —, Bremer- 301.
 —, Pariser- 271.
 —, Thénard's- 278.
 Blausäure 111.
 Blech 254.
 Blei 308.
 —, Anwendung desselben 320.
 —, Eigenschaften desselben 312.
 —, Entsilbern desselben 310.
 —, Legirungen desselben 320.
 Blei in Bronze II, 148.
 Bleiasche 312.
 Bleibaum 314.
 Bleierz, Braun- 319.
 —, Grün- 319.
 —, Vitriol- 315.
 —, Weiß- 316.
 Bleiessig 315.
 Bleiglätte s. Glätte.
 Bleiglanz 319.
 Bleioxyd 313.
 —, antimonsaures 363.
 —, bleisaures 314.
 —, chromsaures 343.
 —, essigsaures 315.
 —, kohlenaures 316.
 —, molybdänsaures 376.
 —, phosphorsaures 319.
 —, salpetersaures 314.
 —, schwefelsaures 315.
 —, vanadinsaures 376.
 Bleipflaster 313.
 Bleisäure 313.
 Bleisalze 314.
 Bleistein 309.
 Bleisuboxyd 312.
 Bleisulphuret 319.

Bleisuperoxyd 313.
 Bleivitriol 315.
 Bleiweiß 316.
 —, Eigenschaften 318.
 —, Prüfung desselben 318.
 Bleizucker 315.
 Blende 284.
 Blockzinn 287.
 Blutlaugensalz 269.
 Blutstein 264.
 Bohnerz 237.
 Bologneser Fläschchen 218.
 Bor 54.
 Borax 169.
 Borsäure 97.
 Brandsätze II, 162.
 Brauneisenstein 236.
 Braunit 231.
 Braunkohle 55. 60.
 Braunstein 231.
 Braunsteinprobe 232.
 Brechweinstein 361.
 Breihrommel II, 58.
 Brennstahl 256.
 Britannia metal 366.
 Brom 49. 50.
 Brommagnesium 203.
 Bromsäure 95.
 Bromwasserstoff 108.
 Bronze 307.
 —, harte 308.
 —, zu Geschütz II, 112.
 Bronzegeschütz, Bestandth. II, 115.
 Bronzegeschützmetall, Analyse desselben II, 143.
 Brookit 377.
 Brucit 201.
 Bruniren 263.
 Brunnenwasser 28.
 Buntkupfererz 305.

C.

Cadmium 285.
 Cadmiumoxyd 285.
 Cadmiumsalze 285.
 Calcium 185.
 Calciumsalze 195.
 Calomel 350.
 Canton's Phosphor 200.
 Caput mortuum 264.
 Cassius' Purpur 333.
 Cellulose, Eigensch. ders. II, 31.
 —, Zusammensetzung ders. II, 30.

Cellulose, explosive II, 184.
 Cement 192. II, 203.
 —, römischer 191.
 Cementirpulver 257.
 Cementkupfer 298.
 Cementstahl 257.
 Cer 229.
 Cerit 229.
 Chalcedon 96.
 Chalkolith 374.
 Chamaeleon miner. 233.
 Charbon roux II, 37.
 Charmotte 223.
 Chemie, Aufgabe derselben 1.
 —, Ableitung des Namens 1.
 —, Verhalten der — zu andern Naturwissenschaften 1.
 Chilispeter 163.
 Chlor, Darstellung 46.
 —, Eigenschaften 47.
 —, Vorkommen 46.
 Chlorammonium 179.
 Chlorbarium 184.
 Chlorblei 319.
 Chlorcalcium 199.
 Chlorgold 332.
 Chlorige Säure 93.
 Chlorkalium 158.
 Chlorkalischwefel II, 159.
 Chlorkalk 197. 198.
 Chlormagnesium 202.
 Chlornatrium 170.
 Chlorometrie 199.
 Chlorphosphor 49.
 Chlorplatin 337.
 Chlorsäure 93.
 Chlorschwefel 49.
 Chlorselen 49.
 Chlorsilber 327.
 Chlorstickstoff 48.
 Chlorstrontium 185.
 Chlorverbindungen, Bezeichnung derselben 48.
 Chlorwasserstoff 105.
 Chlorwismuth 356.
 Chlorzink 284.
 Chrom 340.
 Chromalaune 342.
 Chromchlorid 343.
 Chromchlorür 343.
 Chromeisenstein 340. 342.
 Chromgelb 343.
 Chromoxyd 340.
 — -Eisenoxydul 342.

Chromoxyd, schwefelsaures 342.

Chromroth 343.

Chromsäure 341.

Chromsalze 341.

Chromsuperchlorid 344.

Chrysoberyll 211.

Cinders 281.

Coaks 58.

Coaksofen 58.

Cölestin 185.

Colcothar 264.

Columbit 376.

Composition 291. 292.

Contactsubstanzen 4.

Concentrationsstein 295.

Coquimbit 268.

Cremor tartari 157.

Crownglas 214.

Cupelliren 329.

Cupoloöfen 245.

Curcumapapier 139.

Cyan 66. 67.

Cyankalium 158.

Cyansäure 102.

Cyanwasserstoff 111.

D.

Daguerreotypie 328.

Damast 261.

Dammgrube II, 132.

Dampf und Gas 14.

Dampfhammer 253.

Daniell's Hahn 20.

Decrepitiren 135.

Destillation, trockne 56. II, 34.

Destilliren 28.

Deul 249.

Diamant 54. 59.

Diaspor 204.

Didym 229.

Diffusion der Gase 31.

Dilquesiren 135.

Dimorphie 11.

Dithionige Säure 84.

Dithionsäure 84.

Dolomit 202.

Doppelspath 195.

Dornenstein 171.

Drahtfabrik. 255.

Drummond's Licht 20.

Düngesalz 171.

Dünstein 295.

E.

Edelstahl 258.

Edelsteine, künstliche 214. 220.

Eisen 235.

—, Darstellung des reinen 235.

—, — aus Erzen 238.

—, Anwend. zu Geschütz II, 160.

—, Eigenschaften desselben 262.

—, galvanisirtes 275.

—, in Bronze II, 149.

—, Kiesel- 274.

—, Kohlen- 274.

—, Legirungen desselben 274.

—, Magnetismus desselben 262.

—, Phosphor- 274.

—, Schwefel- 272.

—, verzinktes 275.

—, verzinnertes 275.

Eisenbisulphuret 273.

Eisenchlorid 271.

Eisenchlorür 269.

Eisencyanid 271.

Eisencyanür 269.

Eisenerze 236.

—, Aufbereiten 237.

—, Reduction derselben 240.

Eisenglanz 236.

Eisenkies 273.

Eisenoxyd 264.

—, phosphorsaures 269.

—, schwefelsaures 268.

Eisenoxydhydrat 264.

Eisenoxydoxydul 236. 265.

Eisenoxydsalze 266.

Eisenoxydul 263.

—, kohlensaures 267.

—, oxalsaures 268.

—, salpetersaures 268.

—, schwefelsaures 266.

Eisenoxydulhydrat 264.

Eisenoxydulsalze 266.

Eisenrost 262.

Eisensäure 265.

Eisensesquisulphuret 272.

Eisensulphuret 272.

Eisenvitriol 266.

Elektrum 281.

Email 220.

Entfärbung durch Kohle 61.

Entzünden 72.

Entzündlichkeit 73.

Erbinerde 211.

Erbium 211.

Eschel 278.
Eudiometerröhren 21.

F.

Fahlerze 322. 328.
Faserstoff, vegetabil. II, 29.
Fatisciren 134.
Faulbruch 248.
Fayenze 221. 226.
Feineisenfeuer 251.
Feinmetall 251.
Feldspath 209.
Feuersatz, blauer 302. II, 161. 171.
—, gelber II, 161.
—, grüner II, 161. 171.
—, rother II, 161. 172.
—, weißer II, 161.
Feuersätze, chem. Analyse ders. II, 167 fl.
—, farbige II, 160.
Feuerstein 96.
Feuerwerkerei II, 154.
Feuerwerkssätze II, 154 fl.
Flammen des Oels etc. 70.
Flammenofen 250. II, 108. 133.
Fliegenstein 367.
Flintglas 214.
Flores Sulphuris 37.
Floss, blumiges 243.
—, luckiges 243.
Flossen 241.
Fluor 52.
Fluorbor 54.
Fluorcalcium 200.
Fluorkiesel 53. 54.
Fluorwasserstoff 109.
Flusssäure 109.
Flusspath 52. 200.
Fraueneis 196.
Frictionszündsatz II, 159.
—, Analyse II, 170.
Frischblei 312.
Frischheerd 248.
Frischprocels 248.
Fritten 216.
Füttern 245.

G.

Gaarheerd 296.
Gaarmachen 295.
Gaarschlacke 249.
Gadolinit 212.

Werther, Chemie. II.

Gänze 241.
Gahnit 205.
Galmei 281. 284.
Gas, Erklärung des Wortes 14.
—, ölbildendes 64.
Gase, coërcible 14.
—, permanente 14.
—, spec. Gew. der 25.
Gasbehälter 14. 66.
Gaysalpeter II, 10.
Gebläseluft, heiße 241.
Gelb, Casseler 319.
—, Cöllner 343.
Gelbbleierz 376.
Gelbeisenstein 236.
Gerbstahl 256.
Geschütz, Anforderungen an gutes II, 93.
—, Modelliren desselben II, 120.
Geschütze aus Bronze II, 112.
—, aus Eisen II, 95.
—, aus Gufsstahl II, 95.
—, aus Stabeisen II, 95.
Geschützeisen II, 96.
—, Analyse desselben II, 139 fl.
—, Eigenschaften II, 111.
Geschützerze II, 99.
Geschützfabrikation II, 93.
Geschützgießereien in Schweden II, 100.
Geschützguß, älterer II, 96.
—, heißer II, 110.
—, kalter II, 137.
—, aus Eisen, neuerer II, 97. 100. 105.
—, aus Flammenöfen II, 106. 109. 133.
—, aus Hohöfen II, 102.
Geschützmetall, chem. Analyse II, 138.
Gesetze der chem. Verbindungen 9. 10.
Gestell 239.
Gesundheitsgeschirr 224.
Gibbsit 204.
Glätte 313.
Glättefrischen 311.
Glanz kobalt 275. 277.
Glanzruß II, 35.
Glas 212.
—, Ausdehnung desselben 27.
—, bemaltes 220.
—, Eigenschaften 218.
—, gefärbtes 219.

Glas, grünes 215.
 —, überfangenes 219.
 —, undurchsichtiges 220.
 —, Zusammensetzung 212.
 Glaserz 322. 328.
 Glasgalle 215.
 Glasofen 215. 216.
 Glasröhren, calibrirte 22.
 Glassatz 213.
 Glasur 223. 228.
 —, durch Salz 225.
 Glastropfen 218.
 Glockenmetall 308.
 Glühlampe 336.
 Glühspan 263. 265.
 Glycinerde 211.
 Göthit 264.
 Gold 330.
 —, Eigenschaften 331.
 —, Gewinnung 330.
 —, Legirung desselben 333.
 —, Mannheimer 307.
 —, Vorkommen 330.
 Goldchlorid 333.
 Goldchlorür 332.
 Goldcyanür 332.
 Goldoxyd, Goldsäure 332.
 Goldoxydul 331.
 Goldpurpur 333.
 Goldsalze 332.
 Goldscheidung 334.
 Goldschwefel 365.
 Goldsulphid 333.
 Goldsulphuret 333.
 Gonggongs 308.
 Graphit 54. 59.
 Graubraunsteinerz 231.
 Grauer Satz II, 158.
 Grauspießglanzerz 358. 364.
 Grubengas 63.
 Grün, Braunschweiger- 303.
 —, Bremer- 303.
 —, Kaisers- 304.
 —, Mitis- 304.
 —, Rinmannsches 278.
 —, Scheelsches 304.
 —, Schweinfurter 304.
 —, Wiener- 304.
 Grünspan 303.
 Gußeisen 241.
 Gußloch II, 126.
 Gußstahl 256. 258.
 Gußzapfen II, 134.
 Gyps 196.

H.

Haarkies 280.
 Haloïde 45.
 Haloïdsalze 45. 127. 131.
 Hamburgerweiß 317.
 Hammergaarmachen 296.
 Hammerschlag 263. 265.
 Harmonika, chem. 20.
 Harnstoff 179.
 Hauerit 235.
 Hausmannit 231.
 Henkel, Modelliren ders. II, 123.
 Hirschhornsalz 176.
 Höllenstein 326.
 Hölzer, Zusammensetzung II, 30.
 Hohofen 238.
 —, zum Geschützguß II, 102.
 Holländerweiß 317.
 Holz, Structur dess. II, 26.
 —, Verbrennen dess. II, 33.
 —, Wassergehalt dess. II, 30.
 —, Zersetzung dess. II, 33. 34.
 Holzzessig II, 34.
 Holzkohlen, Absorptionskraft II, 38.
 —, Analyse ders. II, 44 fl.
 —, Darstellung 56.
 —, Eigenschaften 60. II, 36.
 —, Salzgehalt derselben II, 50.
 —, Structur ders. II, 34.
 —, Zusammensetzung ders. II, 44.
 Holzverkohlung, Ausbeute bei der 57.
 Hornblei 319.
 Hornblende 199.
 Hornsilber 328.
 Humboldtite 268.
 Hyazinthe 211.
 Hydrate 27.
 — der Oxyde 119.
 Hydrooxygengebläse 20.

I.

Jod 51.
 —, Anwendung dess. 52.
 Jodnatrium 173.
 Jodsäure 95.
 Jodstickstoff 52.
 Jodwasserstoff 109.
 Iridium 339.
 Isomerie 290.
 Isomorphie 11.

K.

Kali 142.

—, antimonisches 361.

—, bleisches 313.

—, chloresches 152. II, 158. 161. 163.

— —, Anwendung 154.

—, chromisches 342.

—, kieselsches 155.

—, kohlenisches 149.

— —, zweifach 150.

—, oxalsches saures 157.

—, salpetersches 144.

—, schwefelsches 154.

— —, zweifach 155.

—, weinsches saures 157.

—, zinnisches 290.

Kalihydrat 142.

Kalium 140.

Kaliumeisencyanid 272.

Kaliumeisencyanür 269.

Kaliumsulphhydrat 161.

Kalk, fetter 187.

—, gebrannter 186.

—, gelöschter 186.

—, hydraulischer 190. II, 195.

—, magerer 188.

—, todtgebrannter 187.

Kalkerde 185.

—, kieselsche 199.

—, kohlenische 195.

— —, Analyse II, 196.

—, phosphorsche 199.

—, salpetersche 197.

—, schwefelsche 196.

—, unterchlorigsche 197.

Kalkerdehydrat 186.

Kalkmilch 186.

Kalkofen 187.

Kalkspath 195.

Kalktuff 196.

Kaltbruch 248.

Kaltgeschmolzenzeug II, 160.

Kanonenmetall 307. II, 112.

Kaolin 222.

Kastenförmerei II, 127.

Kaufblei 312.

Kaufzink 282.

Kehrsalpeter 197. II, 10.

Kelp 173.

Kermes 364.

Kesselstein 196. II, 9.

Kiesel 53.

Kieselerde s. Kieselsäure.

Kieselfeuchtigkeit 155.

Kieselfluormetalle 111.

Kieselfluorwasserstoff 110.

Kieselplatin 338.

Kieselsäure 96.

Kieselzinkerz 284.

Knallgasgebläse 20.

Knallgold 332.

Knallluft 19.

Knallmannit s. Nitromannit.

Knallplatin 337.

Knallquecksilber 348. II, 173.

—, Eigenschaften II, 176.

Knallsaure Salze 103. 104.

—, Zusammensetzung 349.

Knallsäure 103.

Knallsilber 325.

—, Brugnatelli's 326.

Knallzucker II, 193.

Knittergold 307.

Kobalt 275.

Kobaltblüthe 277.

Kobaltchlorür 277.

Kobaltglanz 277.

Kobaltkies 277.

Kobaltoxyd 276.

Kobaltoxydoxydul 276.

Kobaltoxydul 275.

—, phosphorsches 277.

—, salpetersches 277.

Kobaltsalze 276.

Kobaltspeise 278. 279.

Kobaltsuperoxyd 276.

Kobaltultramarin 278.

Kochsalz 170.

Königsblau 278.

Königswasser 108.

Körper, Aggregatzustände der 2.

—, amorphe 11.

—, Anzahl der einfachen 3.

—, destillirbare 28.

—, einfache 1. 2.

—, Stoffveränderung der 1.

—, sublimirbare 39.

—, Verbindungen der einfachen 3. 8.

—, Verwandtschaftskraft der einfachen 3.

—, wägbare 1.

Kohle, braune II, 36.

—, destillirte 43.

—, rothbraune II, 37. 39.

—, Reductionsmittel der 62.

Kohle, schwarze II, 37.
 —, thierische 59.
 — —, Eigenschaften 60.
 —, im Schießpulver II, 2. 25.
 Kohlenblende 54.
 Kohlenmetalle 123.
 Kohlenoxyd 62.
 Kohlensaure Salze 99.
 Kohlensäure 98.
 Kohlenstoff 54.
 —, Darstellung des reinen 55.
 —, Verbindung dess. 62.
 Kohlenwasserstoff in maximo 63.
 — in minimo 63.
 Kohlenwasserstoffe 62.
 Kollodium II, 191.
 Kornzinn 288.
 Korund 204.
 Kreide 196.
 Kremserweiß 317.
 Krokonsäure 98.
 Krystallglas 214.
 Krystallisation 10.
 Krystallwasser 133.
 Kupfer 293.
 —, Analyse dess. II, 150.
 —, Darstellung 294.
 —, Eigenschaften 298.
 —, japanisches 298.
 —, Legirungen dess. 306.
 —, Vorkommen 293.
 Kupferasche 301.
 Kupferchlorid 304.
 Kupferchlorür 304.
 Kupferglanz 305.
 Kupferhammerschlag 301.
 Kupferindig 305.
 Kupferkies 294. 305.
 Kupferlasur 303.
 Kupfernickel 281.
 Kupferoxyd 301.
 — -Ammon., schwefels. II, 167.
 —, arsenigsaures 304.
 —, essigsaures 303.
 —, kohlensaures 303.
 —, salpetersaures 303.
 —, schwefelsaures 302.
 Kupferoxydhydrat 301.
 Kupferoxydul 300.
 Kupfersalze 301.
 Kupfersulphurete 305.
 Kupfervitriol 302.
 Kupferwismutherz 305.
 Kyanisiren II, 32.

L.

Labrador 209.
 Lackmuspapier 139.
 Lac Sulphuris 37.
 Lanthan 229.
 Lasurstein 210.
 Lange 142.
 Legirungen 123. 124.
 Lehm 209.
 Lehmformerei II, 120 fl.
 Lepidolith 173.
 Leuchtgas 63.
 Leuchtsätze II, 160.
 Leuchtstein, Bologneser 184.
 Lichtentwicklung 6.
 Lithargyrum 313.
 Lithionhydrat 173.
 Lithionsalze 174.
 Lithium 173.
 Lösungen, gesättigte 27.
 Luft, atmosphärische 29.
 —, Analyse ders. 31.
 —, Zusammensetzung ders. 30.
 Luftmörtel 188.
 Luftzug, künstlicher 71.
 Luppe 249.
 Lustgas 33.

M.

Magnesia 200.
 Magnesia alba 202.
 Magnesia, kohlensaure 201.
 —, phosphorsaure 202.
 —, salpetersaure 201.
 —, schwefelsaure 201.
 Magnesit 201.
 Magnesium 200.
 Magnet Eisenstein 236. 265.
 Magnetkies 273.
 Majolika 226.
 Malachit 303.
 Mangan 230.
 Manganchlorid 235.
 Manganchlorür 234.
 Manganglanz 235.
 Manganit 231.
 Mangankiesel 234.
 Manganoxyd 231.
 Manganoxydoxydul 231.
 Manganoxydul 230.
 —, kieselsaures 234.
 —, kohlensaures 234.

Manganoxydul, schwefels. 234.
 Mangansalze 234.
 Mangansäure 233.
 Manganspath 234.
 Mangansuperoxyd 231.
 Mannit II, 192.
 —, explos. II, 192.
 Marienglas 196.
 Marmor 196.
 Marsh's Verfahren 373.
 Masse II, 127.
 Massenförmerei II, 127.
 Massikot 313.
 Mauerfraks 189.
 Mauersalpeter 167.
 Meereswasser 170.
 Meerschäum 202.
 Meiler 56.
 Mellithsäure 98.
 Mendipit 319.
 Mengtrommeln II, 62.
 Mennige 314.
 Mercur. dulcis 350.
 Mercur. praecip. alb. 351.
 Mercur. sublim. corros. 351.
 Mergel 191.
 Mesoxalsäure 98.
 Messing 306.
 Metall, Wiener 366.
 Metalle 116.
 —, Allgemeines über 116—126.
 —, Anzahl ders. 3.
 —, Gewinnung ders. 125.
 —, Vorkommen ders. 125.
 Metalle der Alkalien 138.
 — der alkal. Erden 181.
 — der eigentlichen Erden 203.
 —, die schweren 230.
 Metalloide, Aufzählung der 3.
 —, Character. der 12.
 Metaphosphorsäure 91.
 Metazinnsäure 289.
 Meteoreisen 235.
 Miargyrit 328.
 Michel's Ofen 37.
 Milchglas 220.
 Modelle z. Kastenförmerei II, 128.
 Modellbrett II, 129.
 Mörtel 188.
 —, hydraulischer 188. 190. 192.
 II, 195.
 Mofetten 98.
 Moirée métalliq. 293.
 Molybdän 376.

Molybdänglanz 376.
 Monothionsäuren 84.
 Morasterz 237.
 Münzgold 334.
 Münzsilber 329.
 Muffeln 224. 229.
 Multipla der Aequival. 9.
 Musivgold 292.
 Muttererde II, 11.

N.

Nadeleisenerz 264.
 Naphthalin 63.
 Natrium 161.
 Natron 162.
 —, antimonisches 362.
 —, arsenikisches 370.
 —, borsäures 169.
 —, kaustisches 162.
 —, kieselsäures 170.
 —, kohlenstoffiges 165.
 — —, anderthalb 167.
 — —, zweifach 167.
 —, phosphorsäures 169.
 —, salpetersäures 163. II, 23. 166.
 —, schwefelsäures 163.
 —, — saures 165.
 —, schwefligsaures 165.
 —, zinnisches 290.
 Neusilber 281.
 Nickel 279.
 Nickelchlorür 280.
 Nickelcyanür 280.
 Nickelglanz 280.
 Nickeloxyd 280.
 Nickeloxydul 280.
 —, oxalsäures 280.
 —, schwefelsäures 280.
 Nickelsalze 280.
 Nickel, Schwefel- 280.
 Nickelsuperoxyd 280.
 Niederschlagsarbeit 309.
 Niobium 377.
 Nitromannit II, 192.
 Norium 211.
 Norerde 211.

O.

Ofenbruch 283.
 Ofensauen 295.
 Okenit 199.
 Olivin 202.

Opal 96.
 Operment 371.
 Orthit 212.
 Osmium 340.
 Oxalsäure 100.
 Oxydationsstufen 16.
 —, Benennung ders. 18.
 —, Darstellung ders. 119.
 —, Eintheilung ders. 16. 17.
 —, Reduction ders. 120.
 Oxysulphurete 122.

P.

Packfong 281.
 Palladium 339.
 Panacea mercur. 350.
 Paracyansäure 103.
 Paraffin 63.
 Pelopium 377.
 Pentathionsäure 84.
 Percussionspulver II, 158.
 Periklas 201.
 Petalit 173.
 Pewter 366.
 Pfannenstein 171.
 Phlogiston 15.
 Phosphor, Anwendung dess. 45.
 —, Darstellung 42.
 —, Eigenschaften 43.
 —, Vorkommen 44.
 Phosphorige Säure 91.
 Phosphorkupfer 305.
 Phosphormetalle 123.
 Phosphoroxyd 44.
 Phosphorsäure 90.
 —, wasserfreie 90.
 Phosphorsäurehydrate 91.
 Phosphorschwefel 45.
 Phosphorstickstoff 45.
 Phosphorwasserstoffe 44.
 Pinksalz 291.
 Platin 334.
 —, Legirungen dess. 338.
 Platinbasen 337.
 Platinchlorid 337.
 Platinchlorür 337.
 Platinmohr 335.
 Platinoxyd 336.
 Platinoxyd-Ammoniak 337.
 Platinoxydul 336.
 Platinsalmiak 337.
 Platinsalze 337.

Platinschwamm 21. 335.
 Platinschwarz 335.
 Platinsulphid 338.
 Platteln 241.
 Plattiren 330.
 Porzellan 221.
 —, bemaltes 224.
 —, Réaumurs 219.
 Porzellanerde 222.
 Porzellangeschirre, Anfertigung der 223.

Pottasche 149.
 Prinzmetall 307.
 Probestangen II, 103. 137.
 Proportionen, Gesetz d. chem. 7.
 Puddleofen 250.
 Puddleprocess 249.
 Pulverschleim II, 88.
 —, Analyse dess. II, 89.
 Puzzuolane 192.
 —, Analyse II, 203.
 Pyrochlor 211.
 Pyrolusit 231.
 Pyrophore 73. 160.
 Pyrophosphorsäure 91.
 Pyroxylin II, 184.
 —, zu Zündhütchen II, 191.

Q.

Quarz 96.
 Quecksilber 344.
 —, Anwendung dess. 354.
 —, Eigenschaften 345.
 —, Gewinnung 344.
 Quecksilberamidoxyd 346.
 Quecksilberchlorid 350.
 Quecksilberchloridamid 351.
 Quecksilberchlorür 350.
 Quecksilbercyanid 351.
 Quecksilbercyanür 350.
 Quecksilberjodid 351.
 Quecksilberjodür 350.
 Quecksilberoxyd 346.
 — -Ammoniak 346.
 Quecksilberoxyd, knallsaures 348.
 —, salpetersaures 347.
 —, schwefelsaures 347.
 Quecksilberoxydul 346.
 —, essigsäures 347.
 —, oxalsäures 347.
 —, salpetersaures 347.
 Quecksilbersalze 346.

Quecksilberstickstoff 353.
 Quecksilberstickstoffchlorid 351.
 Queens metal 366.
 Quetschwerk 251.

R.

Radical 16.
 Raseneisenstein 237.
 Rast des Ofens 239.
 Rauschgelb 371.
 Rauschgold 307.
 Reagenspapier 139.
 Realgar 371.
 Reifsblei 54.
 Retorte 13.
 Retorten, feuerfeste 229.
 Rhodanwasserstoffsäure 113.
 Rhodium 339.
 Röthel 264.
 Rohaufbrechen 249.
 Roheisen 241.
 —, Entphosphorn dess. 251.
 —, Feinen dess. 251.
 —, graues 242.
 —, halbirtes 244. II, 98.
 —, für Geschütz II, 107.
 —, Härten dess. 244.
 —, Umschmelzen dess. 245. II, 99.
 —, weißes 243.
 Rohkupfer 295.
 —, Entsilbern dess. 298.
 Rohrstück, Modelliren dess. II, 121.
 Rohsalpeter 146. II, 15.
 —, Analyse dess. II, 19.
 —, Raffin. II, 16.
 Rohschlacke 249.
 Rohschmelzen 295.
 Rohstahl 256.
 Rohstein 294.
 Rosettenkupfer 296.
 Rosten des Eisens 262. 264.
 Roth, englisches 264.
 Rothbruch 248.
 Rothbleierz 340. 343.
 Rotheisenstein 236.
 Rothgültigerz 322. 328.
 Rothspielsglanzerz 358. 365.
 Rubin 204.
 Rubinglimmer 264.
 Ruß, Gewinnung dess. 72.
 Ruthenium 339.
 Rutil 377.

S.

Säuren 17. 74.
 —, Eintheilung ders. 74.
 —, Hydrate ders. 76.
 —, mehrbasige 128.
 —, Nomenclatur ders. 77.
 —, organische 75.
 —, Sättigungscapacität ders. 76.
 Säuerlinge 98.
 Safflor 278.
 Sal tartari 150.
 Salicor 166.
 Salmiak 179.
 Salmiakgeist 35.
 Salpeter 144.
 —, geläuterter II, 18.
 —, kubischer 163.
 —, Läuterung dess. II, 7.
 —, —, Ausbeute II, 17.
 Salpetergräberei II, 9.
 Salpeterhaufen II, 11.
 Salpetermehl II, 8. 16.
 Salpeterplantagen II, 10 fl.
 Salpeterproben II, 24.
 Salpeterrohlaug II, 12.
 —, Brechen II, 13.
 —, Versieden ders. II, 14.
 Salpetersäure, Darstellung 78. 79.
 —, Eigenschaften 80. 81.
 —, rauchende 83.
 —, Vorkommen 78.
 Salpeterschwefel II, 157.
 Salpetrige Säure 82.
 — —, schwefelsaure 88.
 Salpetrige Salpetersäure 83.
 Salzbilder 45.
 Salze 126.
 —, allgem. Eigenschaften ders. 133—136.
 —, Erklärung 18.
 Salzsäure 105 fl.
 Salzsoolen 171.
 Sand 96.
 Sapphir 204.
 Sauerkleesalz 100.
 Sauerstoff 12.
 —, Darstellung 13. 14.
 —, Eigenschaften 14. 15.
 —, Entdeckung dess. 16.
 —, Verbindungen dess. 17.
 Sauerstoffsalze 127—129.
 Sauerstoffsäuren 78. 101.
 Schachtofen 238.

- Scheelium 376.
 Scheibenkupfer 296.
 Scheidewasser 80.
 Scherbenkobalt 366.
 Schieferweifs 317.
 Schiefsbaumwolle 82. II, 184.
 —, Darstellung II, 185.
 —, Eigenschaften II, 186.
 —, Zusammensetzung II, 189.
 Schiefspapier II, 185.
 Schiefspulver II, 1.
 —, Anforderungen an gutes II, 1.
 —, Ausstäuben dess. II, 76.
 —, Bereitung dess. II, 54.
 —, Bestandtheile dess. II, 1.
 —, chem. Analyse dess. II, 80.
 —, Eigenschaften dess. II, 77.
 —, Dosirung dess. II, 55.
 —, Kleinen dess. II, 58 fl.
 —, Körnen und Sortiren II, 65. 70.
 —, kub. Gew. II, 84.
 —, Mengen d. Bestandtheile II, 62.
 —, quantitative Zusammensetzung
 dess. II, 4.
 —, Poliren dess. II, 71.
 —, Rückstand II, 87.
 —, spec. Gew. dess. II, 81.
 —, Trocknen dess. II, 73.
 —, Verdichten des II, 64.
 —, Wirkung dess. II, 4. 6.
 —, Zersetzungsprodukte II, 78.
 Schiefspulverkörner, runde II, 68.
 Schildzapfen, Modelliren derselb.
 II, 123.
 Schlacke 238.
 Schmiedeeisen 247.
 Schmierseifen 143.
 Schneidewerk 254.
 Schnellfluß 148.
 Schnellloth 320.
 Schrotverfertigung 320.
 Schwarzblech 254.
 Schwarzkupfer 295.
 Schwefel 35.
 —, Eigenschaften dess. 38. 39.
 —, Gewinnung dess. 35.
 — — — aus Schwefelmetallen
 36.
 —, im Schiefspulver II, 3. 51.
 —, Untersuchung dess. II, 52.
 —, Reinigung dess. 36.
 —, Verbindungen desselben mit
 Metallen 40.
 —, Vorkommen dess. 35.
 Schwefelammonium 180.
 Schwefelantimon 363. II, 159. 164.
 Schwefelarsen 371.
 Schwefelbarium 184.
 Schwefelblei 319.
 Schwefelblüthe 37.
 Schwefelblumen 37.
 Schwefelcalcium 200.
 Schwefelchrom 344.
 Schwefelcyankalium 159.
 Schwefelcyanwasserstoff 113.
 Schwefeleisen 272.
 Schwefelgold 333.
 Schwefelkalium 159.
 Schwefelkies 273.
 Schwefelkobalt 277.
 Schwefelkoblenstoff 67—69.
 Schwefelkupfer 305.
 Schwefelleber 160.
 Schwefelmagnesium 203.
 Schwefelmangan 235.
 Schwefelmetalle 121.
 —, Rösten der 122.
 Schwefelmilch 37.
 Schwefelnatrium 173.
 Schwefelnickel 280.
 Schwefelplatin 338.
 Schwefelquecksilber 352.
 Schwefelsäure 84.
 —, Anwendung 87.
 —, englische 85. 87.
 —, rauchende 85. 87.
 —, wasserfreie 85. 86.
 Schwefelsalze 129.
 Schwefelsilber 328.
 Schwefelstickstoff 39.
 Schwefelwasserstoff 113.
 — -Ammoniak 181.
 Schwefelwismuth 357.
 Schwefelzink 284.
 Schwefelzinn 291.
 Schweflige Säure 88.
 Schwerspath 181. 183.
 Schwerstein 375.
 Seifensiederlauge 143.
 Seifensiederfluß 158.
 Selen, Darstellung 40.
 —, Eigenschaften 41.
 —, Vorkommen 41.
 Selenblei 320.
 Selensalze 131.
 Selenwasserstoff 115.
 Semilor 307.
 Serpentin 202.

Sicherheitslampe 73.
 Siderallicht 20.
 Silber, Eigenschaften 325.
 —, Feinbrennen 324.
 —, Gewinnung dess. 323.
 —, Legirungen dess. 328.
 —, Vorkommen dess. 322.
 Silberamalgam 344. 354.
 Silberblick 311.
 Silberchlorid 327.
 Silberchlorür 327.
 Silbercyanid 328.
 Silberglanz 328.
 Silberoxyd 325.
 — -Ammoniak 325.
 —, knallsaures 326.
 —, salpetersaures 326.
 —, schwefelsaures 326.
 Silbersalze 326.
 Silberstahl 259.
 Silbersulphuret 328.
 Silicate 97.
 Silicium 53.
 Skolezit 199.
 Smalte 278.
 Smaragd 211.
 Smirgel 204.
 Soda 166.
 Sodalith 161.
 Spatheisenstein 237. 267.
 Spec. Gew., Bestimmung des —
 der Gase 25.
 Speckstein 202.
 Speerkies 273.
 Speifskobalt 275. 277.
 Sphärosiderit 237.
 Sphen 377.
 Spiegeleisen 243.
 Spiegelglas 214.
 Spiegelmetall 308.
 Spiessglanz 358.
 Spiessglanzbutter 363.
 Spiessglanzglas 365.
 Spinell 205.
 Spodumen 161. 173.
 Sprödglasserz 322.
 Stabeisen 247.
 Stahl 255.
 —, deutscher 256.
 —, englischer 256.
 —, Anlassen dess. 260.
 —, Eigenschaften dess. 259.
 —, Härten dess. 259.
 —, raffinirter 256. 258.

Stahlstein 237.
 Stampfmühlen II, 60.
 Stanniol 288. 293.
 Steine, feuerfeste 229.
 Steinkohle 54. 60.
 Steinöl 63.
 Steingut 221.
 Steinsalz 170.
 Stiblich 362.
 Stickoxyd 33.
 Stickoxydul 32.
 Stickstoff, Darstellung 28.
 —, Eigenschaften 28. 29.
 —, Vorkommen, 29.
 Stöchiometrie 9.
 Strafs 214.
 Streublau 278.
 Strontianerde 184.
 —, kohlenaure 185.
 —, salpetersaure 185. II, 161. 166.
 —, schwefelsaure 185.
 Strontianit 185.
 Strontium 184.
 Stucco 197.
 Sublimat 350.
 Sublimiren 39.
 Suboxyde 17.
 Sulphantimoniate 365.
 Sulphantimonite 364.
 Sulpharseniate 372.
 Sulpharsenite 372.
 Sulphide 40.
 Sulphur aurat. 365.
 Sulphurete 40.
 Sumpferz 237.
 Sumpfgas 63.

T.

Tabelle für die Reduction von
 Beaumé's Aeäometergraden 393.
 Tabellen über den Gehalt der
 wasserhaltigen Säuren 389—391.
 Tabelle über den Gehalt der wäs-
 serigen Alkalien 392.
 Tabelle über den Gehalt des wäs-
 serigen Alkohols 392.
 Tafeln der Atomgewichte 379.
 Talk 202.
 Talkerde 200.
 Tantal 377.
 Tantalit 376.
 Tartarus stibiat. 361.
 Tellur 375.

Tellursalze 131.
 Temperatur von Flammen 69.
 Temporn 244.
 Terpenthinöl 63.
 Tetrathionsäure 84. 89.
 Theer 65. II, 34.
 Theorie der Verbrennung 16.
 —, antiphlogistische 16.
 —, phlogistische 15.
 Thon 209.
 —, Analyse dess. II, 199.
 Thoneisenstein 237.
 Thonerde 204.
 —, essigsaure 208.
 —, kieselsaure 208.
 —, schwefelsaure 205.
 Thonerdehydrat 204.
 Thonwaaren 220.
 Thorerde 211.
 Thorit 211.
 Thorium 211.
 Tiegel, feuerfeste 229.
 Tiegelöfen 246.
 Tinkal 169.
 Tinte, blaue 271.
 —, schwarze 266.
 Titan 377.
 Titanit 377.
 Titanoxyd 377.
 Titansäure 378.
 Töpfergeschirr 221. 227.
 Tomback, weißes 373.
 Torf 55.
 Trafs 192.
 —, Analyse II, 203.
 Traube, Modelliren ders. II, 124.
 Treibarbeit 310.
 Treibheerd 311.
 Treibsilber 325.
 Triphyllin 173.
 Trithionsäure 84.
 Trona 167.
 Tropfzink 282.
 Tuffsteine, künstliche 195.
 Tungstein 375.

U.

Ueberchlorsäure 92.
 Ueberjodsäure 95.
 Uebermangansäure 233.
 Ultramarin 210.
 Unterchlorige Säure 94.
 Unterphosphorige Säure 92.

Unterschwefflige Säure 89.
 Uran 374.
 Uranit 374.
 Uranoxyd 374.
 Uranoxydoxydul 375.
 Uranoxydul 224. 374.
 Urin 177.

V.

Vanadin 376.
 Vanadinbleierz 376.
 Varec 173.
 Venetianerweiß 317.
 Verbindungen, chem. 3.
 — —, Bildung ders. 4.
 — —, Classification ders. 6.
 — —, Gesetz ders. 6. 7.
 Verbrennung 69 fl.
 Verbrennungsapparat II, 46 fl.
 Verbrennungstheorie, Geschichtliches 15.
 Vergoldung 334.
 Verknistern 135.
 Verkohlung, Ausbeute bei II, 35.
 —, organischer Körper 56.
 —, der Steinkohlen 58.
 Verkohlungsmethoden II, 40—43.
 Verkohlungsstufen II, 38.
 Vermodern II, 32.
 Verseifung 143.
 Versilberung 330.
 Verstählen 261.
 Verwandtschaftskraft, chem. 2. 4.
 —, Modification der 5.
 Verwittern 134.
 Vitriol, blauer 302.
 —, gemischter 302.
 —, grüner 266.
 —, weißer 283.
 Volumtheorie 25.
 Vorlage 13.

W.

Wärmeentwicklung bei chemisch.
 Verbindungen 6.
 Wahlverwandtschaft 5.
 Wallstein 240.
 Walzmühlen II, 60.
 Walzwerk 252.
 Wasser 21.
 —, Eigenschaften dess. 27.
 —, Lösungsvermögen dess. 27.

Wasser, Zusammensetzung dess. 23.
 Wasserblei 376.
 Wasserglas 156.
 Wasserkies 273.
 Wasserstoff, Darstellung 18.
 —, Eigenschaften 19.
 —, Verbindungen 21.
 —, Vorkommen 18.
 —, Oxydation dess. 21.
 — —, durch Elektricität 21.
 — —, durch Platin 21.
 Wasserstoffsäuren 105.
 Wasserstoffsuperoxyd 28.
 Wedgewoodgeschirre 225.
 Weinstein 157.
 Weisblech 254.
 Weisbleierz 316.
 Weiskupfer 373.
 Weismachen 251.
 Weisnickelerz 281.
 Weissspießglanzerz 359.
 Werkblei 310.
 Werkzink 282.
 Wiesenerz 237.
 Wismuth 355.
 —, Legirung dess. 357.
 Wismuthchlorid 356.
 Wismuthglanz 357.
 Wismuthoxyd 356.
 —, salpetersaures 356.
 Wismuthsäure 356.
 Wismuthsalze 356.
 Witherit 181. 183.
 Wolfram 375.
 Wollastonit 199.
 Wootz 259.

Y.

Yttrium 211.
 Yttererde 211.
 Yttrotantal 212.

Z.

Zaffer 278.
 Zeichen, chemische 11. 12.
 Zerlegung s. Zersetzung.

Zersetzung, chemische 2.
 Ziegeln 228.
 Zink 281.
 —, Anwendung II, 160.
 —, Bestimmung dess. II, 148.
 —, Kauf- 282.
 —, Tropf- 282.
 —, Werk- 282.
 Zinkblüthe 284.
 Zinkoxyd 283.
 —, kieselsaures 284.
 —, kohlensaures 283.
 —, schwefelsaures 283.
 Zinksalze 283.
 Zinkspath 283.
 Zinn 286.
 —, Analyse dess. II, 151.
 —, Bestimmung dess. II, 197.
 —, Eigenschaften 288.
 —, Legirungen 292.
 Zinnamalgam 354.
 Zinnasche 289.
 Zinnchlorid 291.
 Zinnchlorür 291.
 Zinnkies 286.
 Zinnoxid 289.
 Zinnoxidul 289.
 Zinnober 344. 352.
 —, grüner 278.
 Zinnsäure 290.
 Zinnsalze 290.
 Zinnschrei 288.
 Zinnseifen 286.
 Zinnsesquisulphuret 292.
 Zinnstein 286. 289.
 Zinnsulphid 292.
 Zinnsulphuret 291.
 Zircon 211.
 Zirconerde 211.
 Zirconium 211.
 Zucker, Anwendung 55.
 —, explosiver II, 193.
 Zündhütchen, Anfertigung ders.
 II, 179.
 —, Füllen ders. II, 180.
 Zündpulver II, 178.
 Zündsatz aus Knallquecks. II, 178.
 Zuschläge 238.



Bei *Georg Reimer* in Berlin ist erschienen:

Die
Fortschritte der Physik
im Jahre 1848.

Dargestellt
von
der physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

IV. Jahrgang.
Redigirt von Professor Dr. *Karsten*.
Geh. 2 Thlr. 10 Sgr.

Gedächtnisrede
auf

Berzelius

gehalten in der öffentlichen Sitzung der Akademie der Wissenschaften
in Berlin am 3. Juli 1851

von
Heinrich Rose.
gr. 4. Geh. 15 Sgr.

Die kosmischen Systeme der Griechen

von
O. F. Gruppe.
Geh. 1 Thlr.

Einleitung
zur
allgemeinen vergleichenden Geographie,
und
Abhandlungen
zur Begründung einer mehr wissenschaftlichen Behandlung
der Erdkunde

von
Carl Ritter.
Geh. 1 Thlr.





